

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-302406

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.CI.
G11B 20/14
G11B 7/00
G11B 7/14

(21)Application number : 09-314004

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 14.11.1997

(72)Inventor : EBISAWA KAN

(30)Priority

Priority number : 09 44250 Priority date : 27.02.1997 Priority country : JP

(54) TWO-DIMENSIONALLY CODING/STORING METHOD ON TWO-DIMENSIONAL RECORDING MEDIUM OF PARALLEL READ-OUT SYSTEM, TWO-DIMENSIONALLY DECODING/REPRODUCING METHOD AND DEVICE EXECUTING THESE METHODS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make possible high efficiency without directional dependency even when NRZ conversion processing, etc., is performed by answering to a medium storage for coding/storing the one-dimensional data in a parallel read-out system two-dimensional recording medium according to a two-dimensional run length limitation RLL rule and coding respective cells to two-dimensional code value arrangement of $m \times n$ cells of one bit.

SOLUTION: The original data id(q) are converted by limiting with the two-dimensional RLL rule not only simple conversion converting the serial data to the two-dimensional arrangement data of $m \times n$, and the two-dimensional code value arrangement of $m \times n$ matrix cells is obtained. Since such a two-dimensional code value arrangement is satisfied with the conditions such as a two-dimensional minimum restrictive length, maximum restrictive length and continuity, etc., the problem that the value is changed according to directions even by the conversion such as the NRZ, etc., is eliminated. Thus, coding pattern selection processing selecting two-dimensional RLL coded proper code arrangement is performed at every coding processing unit data (q) related to the original data id (q).

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-302406

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int. C1.⁶
G 1 1 B 20/14
7/00
7/14

識別記号
3 4 1

F I
G 1 1 B 20/14 3 4 1 A
7/00 Q
7/14

審査請求 未請求 請求項の数 27 O L

(全72頁)

(21) 出願番号 特願平9-314004

(22) 出願日 平成9年(1997)11月14日

(31) 優先権主張番号 特願平9-44250

(32) 優先日 平9(1997)2月27日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 海老澤 観

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー

株式会社内

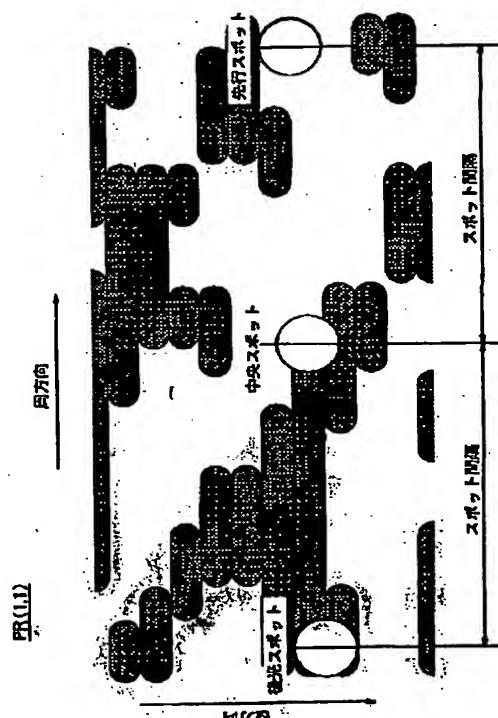
(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

(54) 【発明の名称】並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法、二次元復号化・再生方法およびこれらの方法を実施する装置

(57) 【要約】

【課題】並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元 RLL 条件に従って記録された符号化データを復号する二次元復号化・再生装置を提供する。

【解決手段】符号化データ q を表す符号値配列として 3×3 マトリクス・セルを用い、二次元状の RLL の最短拘束長 $2T$ を満足する符号値配列を選択し、これらを二次元的に隣接させた場合、境界において二次元的に最短拘束長 $2T$ を満足し接続可能ことを示す円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を算出し、符号値配列について接続可能性の高い順序を示す選択順位 a を算出し、符号化データ q に対し、先行する位置の符号値配列と接続可能な符号値配列を選択順位 a に従って選択し隣接する符号値配列との関係において二次元的に最長拘束長 $16T$ を満足する符号値配列が記憶された CCD から走査方向に傾き θ をもって配設された複数の検出窓を用いて再生する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】一次元のデータ（q）を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元ラン・レンジス・リミテーション（RLL）規則に従って符号化し記憶するため、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させて、各セルが1ビットのm×nセルの二次元符号値配列に符号化する二次元RLL符号化方法であつて、

m×nセルの符号値配列を0～m×nの複数のコード番号に対応させる第1の段階と、

前記m×nセルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長（d1）および縦方向に第2の最短拘束長（d2）を満足する、有効なm×nセルの符号値配列（E）を検出する第2の段階と、

横方向に前記有効なm×nセルの符号値配列の1つと他の有効なm×nセルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長（d1）を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効なm×nセルの符号値配列の1つと他のm×nセルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能である、符号値配列の組合せを検出する第3の段階と、

前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位（a）を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第4の段階と、符号化対象の一次元の原データ（id（q））に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長（k1）を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長（k2）を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応するm×nセルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第5の段階と、

前記二次元符号値配列を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体に所定位置に記憶する第6の段階とを有する並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法。

【請求項2】前記第5の段階において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、

次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第5の段階の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置

の符号値配列として設定する第7の段階をさらに有する請求項1記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項3】前記第1の段階～第4の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項2記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項4】前記m×nセルの符号値配列の横方向の符号値配列のm個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列のn個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果（S（n, j）、ML（k））を記憶する第8の段階をさらに有し、該記憶した結果を前記第5の段階における最長拘束長の判定に使用する請求項2記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項5】前記第1の段階～第4の段階および第8の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項4記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項6】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモリカードを含む請求項5記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項7】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理段階と、

前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理段階とを有する請求項6記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項8】前記位置情報記憶部の記録密度は前記符号化情報記憶部の記録密度より低く、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている請求項7記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項9】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし段階をさらに有し、前記第7の段階において、該情報読みだし段階で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う請求項8記載の二次元符号化・記憶方法。

【請求項10】一次元の符号化データ（id（q））を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に符号化して記憶するため、二次元ラン・レンジス・リミテーション（RLL）規則に従って各セルが1ビットのm×nセルの二

次元符号値配列に符号化して二次元的記録媒体に記憶する二次元符号化・記憶装置であって、

前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させた $m \times n$ セルの符号値配列を $0 \sim m \times n$ の複数のコード番号に対応させ、前記 $m \times n$ セルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長(d1)および縦方向に第2の最短拘束長(d2)を満足する、有効な $m \times n$ セルの符号値配列(E)を検出する第1の手段と、

横方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の有効な $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長(d1)を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能な符号値配列の組合せを検出する第2の手段と、前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位(a)を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第3の手段と、一次元の符号化原データ(i d (q))に印加に応じて、該原データ(i d (q))に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長(k1)を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長(k2)を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応する $m \times n$ セルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第4の手段と、

前記得られた二次元符号値配列情報を二次元的記録媒体に記憶する第5の手段とを有する二次元符号化・記憶装置。

【請求項11】前記第4の手段において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、

次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第4の手段の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置の符号値配列として設定する第6の手段をさらに有する請求項10記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項12】前記第1の手段～第3の手段の処理を前記第4の手段の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第4の手段において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項11記載の

二次元符号化・記憶装置。

【請求項13】前記 $m \times n$ セルの符号値配列の横方向の符号値配列のm個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列のn個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果(S(n, j)、M L(k))を記憶する第7の手段をさらに有し、該記憶した結果を前記第4の手段における最長拘束長の判定に使用する請求項12記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項14】前記第1の手段～第3の手段および第7の手段の処理を前記第4の手段の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第4の手段において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する請求項12記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項15】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモリカードを含む請求項13記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項16】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記第5の手段は、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理手段と、前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理手段とを有する請求項14記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項17】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードまたはメモリカードであり、前記 $m \times n$ マトリクス・セルは前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の横方向および縦方向の記録位置に対応しており、

前記位置情報記憶部と前記符号化情報記憶部とは、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体のある1の方向に沿って交互に区分されており、前記位置情報記憶部には位置制御に使用する位置情報が記憶されている請求項15記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項18】前記位置情報記憶部の記録密度は前記符号化情報記憶部の記録密度より低く、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている請求項16記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項19】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし手段をさらに有し、前記第5の手段は、該情報読みだし手段で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う手段を有する請求項17記載の二次元符号化・記憶装置。

【請求項20】二次元方向に最短拘束長および最長拘束

長のラン・レングス・リミテーション (RLL) を満足する二次元符号値配列に符号化して並列読みだし方式の二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生方法であって、

前記二次元RLL符号値配列情報は、

二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ

(q) を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記録位置に対応させた $m \times n$ マトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規定され、 $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数 (d) 連続して存在する最短拘束長 (d) を満足しており、

ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、

前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長 (k) 以内の符号値配列であり、

前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体から読み出した二次元RLL符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する二次元復号化・再生方法。

【請求項21】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カード、二次元状メモリカードを含む請求項19記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項22】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、

前記 $m \times n$ マトリクス・セルは光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、

前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、

該位置情報を参照して前記復号処理のタイミングをとる請求項20記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項23】走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いて、CCDで位置情報を検出する請求項22記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項24】前記CCDの走査方向とのずれ角度 θ

は、検出窓の数 w とは下記の条件が規定される

$$\sin \theta = 1 / (w+1)$$

請求項23記載の二次元復号化・再生方法。

【請求項25】二次元方向に最短拘束長および最長拘束長のラン・レングス・リミテーション (RLL) を満足する二次元符号値配列に符号化して二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生装置であって、前記二次元RLL符号値配列情報は、

二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ

(q) を二次元的記録媒体の記録位置に対応させた $m \times n$ マトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規

定され、 $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数 (d) 連続して存在する最短拘束長 (d) を満足しており、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、

二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長 (k) 以内の符号値配列であり、

10 二次元的記録媒体から読み出した二次元符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する復号手段を有する二次元復号化・再生装置。

【請求項26】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、

前記 $m \times n$ マトリクス・セルは前記光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、

前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、

走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いて、CCDで位置情報を検出する請求項25記載の二次元復号化・再生装置。

【請求項27】前記CCDの走査方向とのずれ角度 θ

は、検出窓の数 w とは下記の条件が規定される

$$\sin \theta = 1 / (w+1)$$

請求項26記載の二次元復号化・再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原データを二次元的なラン・レングス・リミテーション (RLL) 条件のもとで二次元符号値配列に符号化する二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法、二次元RLL復号化方法およびそれらを用いた装置に関する。本発明は、特に、光カード、ICメモリなどの二次元状にデータを記録可能な記録媒体（以下、二次元的記録媒体と言う）に、原データを二次元的RLL符号化処理を行って記録する方法、再生する方法、および、これらの方法を用いた装置に関する。

【0002】

【従来の技術】二次元状記録媒体として、光ディスク記録媒体を例示して述べる。光ディスク記録媒体においては、円周方向の記録密度と半径方向の記録密度とは異なっている場合が多い。たとえば、直径130mmの光磁気ディスク記録媒体の4xの規格では、光ディスク記録媒体の直径方向（トラック方向）についてはトラックピッチが1.15μmであり、光ディスク記録媒体の円周方向については線記録密度は約0.5μm/ピットである。この例では線記録密度よりトラック密度が低い。

【0003】光ディスク記録媒体における円周方向の記録密度と半径方向の記録密度とが異なる原因を考察する。光ディスク記録媒体に記録された信号ピットを再生

する場合、再生に用いる光ビームの再生スポットが光ディスク記録媒体の円周方向に信号ビットを走査（トレース）していく、走査の結果得られた再生信号に対して時間軸方向に波形等化等の信号処理および符号長を制限するなどの信号処理を行う。したがって、円周方向については、光ディスク記録媒体の回転速度と信号処理時間などの条件で記録密度が厳格に規定されている。半径方向についても記録密度の制約は勿論存在する。光ビームのスポットの大きさと隣接するトラックとの大きさとの関係で隣接するトラックの間隔を余り狭めると正しく信号を再生できなくなるし、あまり広くすると実用的ではなくなるからである。しかしながら、これまで、光ディスク記録媒体の半径方向には円周方向におけるような信号処理の観点からの制約はないので、半径方向には円周方向におけるような信号処理に起因する記録密度の向上を求める強い要求はなかった。

【0004】しかしながら、光ディスク記録媒体におけるさらなる高密度化のため円周方向に加えて、半径方向の記録密度を高める要望が出ている。

【0005】次いで、光ディスク記録媒体へのデータ記録方法について述べる。光ディスク記録媒体にデータを記録し再生するときに現在用いられている符号は、殆どの場合、2進数符号である。但し、2進数の符号をそのまま光ディスク記録媒体に記録するのではなく、信号圧縮などの種々の変調処理を行うのが一般的である。

【0006】光ディスク記録装置などにおいては符号化結果にさらに種々の変換処理、たとえば、符号値1（データ1）の部分で反転するように符号を変換するノン・リターン・ツー・ゼロ（NRZ）方式、あるいは、NRZインバース（I-NRZ）方式などの変換処理を行つてデータを光ディスク記録媒体に記録している。

【0007】光ディスク記録装置などにおいては、符号化処理結果について、符号値1（データ1）と次の符号値1の間に存在する符号値0（データ0）が連続して存在する数を制限する（拘束する）符号長制限方法、すなわち、ラン・レンジス・リミテーション（RLL）と呼ぶ方法を適用して符号化処理し、その後、さらに記録のために変調などの信号処理を行い、その結果を光ディスク記録媒体に記録している。

【0008】RLL符号化方法においては、符号値1または符号値0が所定数以上連続して所定数以上継続しないようにしている。符号値1と次の符号値1との間に存在する連続した符号値0の数、または、符号値0と次の符号値0との間に存在する連続した符号値1の数の最小値（または最短拘束長）をdと呼び、最大値（または最長拘束長）をkと呼び、最短拘束長d、最長拘束長kのRLL符号化処理をRLL(d, k)と表す。換言すれば、RLL(d, k)においては、たとえば、符号値1と次の符号値1との間に存在する符号値0の数の最小値（最短拘束長）をdとし、最大値（最長拘束長）をkに

している。

【0009】RLL符号化方式において最長の符号長（最長拘束長）を制限して（拘束して）符号値（データ）の配置の高密度化を図るために、記録時に、ノン・リターン・ツー・ゼロ（NRZ）方式に基づいて符号値1（またはマーク、あるいは、データ1）の部分で符号値が反転するように符号値を変換することが行われている。これをマーク長記録方式という。

【0010】最近、光ディスク記録媒体はもとより、種々のディスク記録媒体、あるいは、ICカードなどの二次元的な広がりを持つ記録媒体における記録密度の向上を図ることが試みられている。光ディスク記録媒体の記録密度を向上させる試みをいくつか述べる。

【0011】特開平4(1992)-228112号公報（以下、第1文献という）は、光ディスクへの二次元符号化方法を提案している。第1文献は、光ディスクに記録すべき連続的な2進数データを4行2列の二次元配列のデータに符号処理し、4行2列のデータを1行ずつの1次元の情報配列に変換して1次元のデータを変調して光ディスクに記録する方法を開示している（第1文献、図30参照）。しかしながら、第1文献に記載されている方法は、記録データを独立した2系統の一次元データとして光ディスクに記録しているにすぎない。また第1文献は、記録すべき4ビットの2進数データ0000～1111（10進数表記で0～15）をROMテーブルで変換して第1配列00～11と第2配列00～11に変換することを開示しているが（第1文献、図4参照）、この配列変換は単なる2進数データの変換であつて、二次元RLL符号化処理ではない。

【0012】文献、「2次元格子記録を用いた高密度光ディスク」、杉山、他、MAG-94-236, 11-19ページ（以下、第2文献という）は、3ビームを用いて、平坦な光ディスクの格子点上にマークを配置する二次元格子記録方式を提案している。第2文献は、再生時の二次元的な応答を等しくするため、光ディスク上に正確なタイミングを持つ二次元の仮想的な格子点を設け、記録時は3ビームのうちのメインビームを用いて記録し、再生時は3ビームを用い半径方向の3列の格子列を同時に再生して2次元処理をすることが開示している。しかしながら、第2文献も二次元的なRLL符号化方法は提案していない。

【0013】二次元符号化方法はいくつか提案されている。

文献、Paul J. Davey, et al., "Two Dimensional Coding for a Multiple-Track, Maximum-Likelihood Digital Magnetic Storage System", IEEE TRANSACTIONON MAGNETICS, VOL. 30, NO. 6, NOVEMBER 1994, pp. 4212-4114には、拡張したクラスIV パーシャルレスポンス（EPR4）信号処理と最尤度検出(maximum likelihood detection)を用いたチャネルのために、拘束条件(d, k_y)下のトリ

レス記述に基づく反転列挙式 (reverse enumeration scheme) を記述した二次元 RLL 符号化方法を磁気テープ記録媒体のマルチトラック記録装置に適用した例を開示している (以下、第 3 文献)。第 3 文献においては、最短 $d = 1$ 、最長 $k = 2$ の拘束コードを用いて 3 トラックについて 64 個の符号について RLL 符号化処理することを例示している。しかしながら、第 3 文献は、磁気テープにおける連続的な走査を行う場合に有利なビタビ復号におけるような状態推移を考慮したトレリスを用いて磁気テープを走査してきた過去の結果から次のデータを推定しており、マルチトラック型磁気テープにのみ好適な方法であり、ランダムアクセス型記憶媒体である光ディスク記録媒体などには適さない。また、第 3 文献の方法は状態推移処理のために大きなメモリを必要とする。さらに、第 3 文献においては、記録媒体の対象が磁気テープの複数トラックへの適用を前提としており、広く二次元的記録媒体への適用を考慮していない。

【0014】文献、Jaejin Lee, et al. "Constrained Multitrack RLL Codes for the Storage Channel", IEE E TRANSACTION ON MAGNETICS, VOL. 31, NO. 3, MAY 1995, p p. 2355-2364 には、不良トラックに対する耐用性 (tolerance) 、すなわち、タイミング不良と同期不良に対する耐用性を向上させる効率のよいマルチトラック RLL 符号化方法を開示している (以下、第 4 文献という)。第 4 文献は、第 3 文献などに記載されている拘束条件 ($d, k; n$) による RLL 符号化方法 (ただし、 r はトラック数) をさらに改良した拘束条件 ($d, k + \alpha, r; n$) による RLL 符号化方法を提案している。 r は不良トラック数を示し、 α は不良トラックを考慮した最大拘束長さ k に対する付加的な拘束長さを示す。しかしながら、第 4 文献も第 3 文献と同様、記録媒体の対象が磁気テープの複数トラックへの二次元的な符号化のみを対象としており、光ディスク記録媒体などのランダムアクセス型記録媒体には適さない。特に、第 4 文献は不良トラックに対する救済処理を目的としており、記録密度を向上させることを意図していない。

【0015】上述したように、依然として、光ディスク記録媒体など二次元的記録媒体の高密度化などに適切な二次元 RLL 方法、および、その方法を適用した二次元 RLL 符号化方法および二次元 RLL 復号化方法が望まれている。そこで、光ディスク記録媒体、磁気ディスク記録媒体をも含むディスク記録媒体、さらには IC カードなどの二次元的な広がりを持つ二次元的記録媒体において二次元的に記録密度を向上させるための高密度化二次元符号化方法を考察する。以下、その例として、二次元的記録媒体として光ディスク記録媒体を想定し、光ディスク記録媒体における円周方向および半径方向の両者について二次元的に記録密度を高める二次元的な符号化方法を想定する。

【0016】単純な二次元 RLL 符号化方法として、一

次元 RLL 符号化方法の考え方をそのまま、二次元に応用したと仮定した、仮想的な二次元 RLL 符号化方法を例示し、そのような単純な方法では不具合があることを図 1~図 4 を参照して述べる。

- 【0017】図 1 は一次元 RLL 符号化方法を単純に二次元 RLL 符号化方法に応用したと仮定した、仮想的な二次元 RLL 符号化方法によって符号化した結果を示した図表である。この仮想的な二次元 RLL 符号化結果例において、横方向も (x 方向、すなわち、光ディスク記録媒体の円周方向) 、縦方向 (y 方向、すなわち、ディスク記録媒体のトラック方向または半径方向) にも符号値 1 (データ 1) と次の符号値 1 との間に符号値 0 (データ 0) が少なくとも 1 つ存在する、または、符号値 0 と次の符号値 0 との間に符号値 1 が少なくとも 1 つ存在するという、最小値 (最短拘束長) $d = 1$ の RLL の拘束条件が課せられている。なお、この例では、最大値 (最長拘束長) k については制限を与えていない。図 1 に示した例は、横方向の第 1 列の符号値 (データ) は全て 0、縦方向の第 1 行の符号値も全て 0 である。
- 【0018】図 2 は図 1 に示した仮想的な二次元 RLL 符号化データについて横方向に NRZ 変換を行った結果を示した図表である。図 2 において、図 1 に示した二次元 RLL 符号化データの横方向の符号値について、符号値 1 から符号値 0 に変化している部分、または符号値 0 から符号値 1 に変化している部分は、NRZ 変換によって符号値 1 として表されている。
- 【0019】図 3 は図 1 に示した仮想的な二次元 RLL 符号化データについて縦方向に NRZ 変換を行った結果を示した図表である。図 3 において、図 1 に示した二次元 RLL 符号化データの縦方向の符号値について、符号値 1 から符号値 0 に変化している部分、または符号値 0 から符号値 1 に変化している部分は、NRZ 変換によって、符号値 1 として表されている。
- 【0020】
【発明が解決しようとする課題】図 4 は図 2 に示した横方向の NRZ 結果と図 3 に示した縦方向の NRZ 結果を対比した結果を示す図表である。図 4 における数値 0 は、同じ位置にある、図 2 に示した符号値が 0 であり図 3 に示した符号値も 0 であることを示す。図 4 における数値 1 は、同じ位置にある、図 2 に示した符号値が 1 であり図 3 に示した符号値も 1 であることを示す。図 4 における数値 2 は、同じ位置にある、図 2 に示した符号値と図 3 に示した符号値とが異なることを示す。図 4 に示した数値 2 が示すように、上述した仮想的な二次元 RLL 符号化方法による結果は、横方向と縦方向において NRZ 変換結果が異なる。したがって、上述した一次元符号化方法から単純に二次元符号化に応用した方法は光ディスク記録媒体への二次元 RLL 符号化方法には適用できない。
- 【0021】図 4 に例示した結果は、NRZ 変換結果を

示したが、INRZ変換、その他の変換をした場合も、上述した方向による結果の違いが起り、二次元RLL符号化には使用できない。したがって、二次元的に問題のない新規な二次元RLL方法およびそれを用いた二次元RLL符号化方法が必要である。

【0022】以上、光ディスク記録媒体を例示して述べたが、他の二次元的な記録媒体、たとえば、磁気ディスク記録媒体、メモリカードなどへの二次元的な高密度記録のための二次元RLL方法および二次元的符号化方法も上記同様の課題に遭遇している。二次元RLL符号化方法の逆の処理を行う、二次元RLL復号化方法も適切なもののはまだ提案されていない。

【0023】本発明の目的は、NRZ変換処理、INRZ変換処理などの変換処理をしても方向依存性がなく、効率のよい二次元RLL方法および装置を提供することにある。本発明はまた、上記二次元RLL方法を用いて、原データを効率よく二次元的記録媒体に記録可能な二次元RLL符号化方法およびその装置を提供することにある。本発明のさらに他の目的は、上記二次元RLL符号化方法に対応する二次元RLL復号化方法とその装置を提供することにある。また本発明は上記二次元RLL符号化方法によって製造された二次元的記録媒体を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、一次元のデータ(q)を並列読みだし方式の二次元的記録媒体に二次元ラン・レングス・リミテーション(RLL)規則に従って符号化し記憶するため、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記憶位置に対応させて、各セルが1ビットの $m \times n$ セルの二次元符号値配列に符号化する二次元RLL符号化方法であって、 $m \times n$ セルの符号値配列を $0 \sim m \times n$ の複数のコード番号に対応させる第1の段階と、前記 $m \times n$ セルの全ての二次元符号値配列について符号値0および符号値1が横方向に第1の最短拘束長(d1)および縦方向に第2の最短拘束長(d2)を満足する、有効な $m \times n$ セルの符号値配列(E)を検出する第2の段階と、横方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の有効な $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第1の最短拘束長(d1)を満足し接続可能であり、縦方向に前記有効な $m \times n$ セルの符号値配列の1つと他の $m \times n$ セルの符号値配列とを隣接させたとき隣接境界において第2の最短拘束長を満足し接続可能である、符号値配列の組合せを検出する第3の段階と、前記検出された横方向および縦方向において接続可能な符号値配列の組合せについて接続可能な数の多いほうから少ないほうに選択順位(a)を決定し、その選択順位に従って前記複数のコード番号を並べる第4の段階と、符号化対象の一次元の原データ(i d (q))に対応する符号値配列が占めるべき指定位置と横方向に隣接し先行する位置の符号値配列

の横方向の符号値の連続が第1の最長拘束長(k1)を満足し、前記指定位置と縦方向に隣接し先行する位置の符号値配列の縦方向の符号値の連続が第2の最長拘束長(k2)を満足する符号値配列のうち、前記原データの値と前記選択順位の数とが一致するコード番号に対応する $m \times n$ セルの符号値配列を選択して前記指定位置における原データの二次元符号値配列とする第5の段階と、前記二次元符号値配列を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体に所定位置に記憶する第6の段階とを有する並列読みだし方式の二次元的記録媒体への二次元符号化・記憶方法が提供される。

【0025】前記第5の段階において前記原データの値より前記選択順位の最大数が小さいとき最後の選択順位に対応するコード番号の符号値配列を前記指定位置における符号値配列に設定し、次いで、前記原データから前記最後の接続可能性順位に相当する数値を減じた値を新たな原データとし、前記指定した位置における設定した符号値配列を隣接し先行する位置の符号値配列として、再び前記第5の段階の処理を行い、得られた符号値配列を前記指定位置の隣の位置の符号値配列として設定する。

【0026】前記第1の段階～第4の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する。

【0027】前記 $m \times n$ セルの符号値配列の横方向の符号値配列の m 個の符号値が全て同じであるか否か、および、縦方向の符号値配列の n 個の符号値が全て同じであるか否かをチェックしてその結果(S(n, j)、ML(k))を記憶する第8の段階をさらに有し、該記憶した結果を前記第5の段階における最長拘束長の判定に使用する。

【0028】前記第1の段階～第4の段階および第8の段階の処理を前記第5の段階の処理の前に行いその結果を記憶手段に記憶しておき、前記第5の段階において符号化対象の原データが印加されたとき該記憶手段に記憶されている結果を参照して前記符号値配列を決定する。

【0029】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は、光カード、二次元状メモリカードを含む。

【0030】前記二次元的記録媒体は、位置情報を記憶する位置情報記憶部と、前記符号化処理された情報が記憶される符号化情報記憶部分とを有し、前記位置情報記憶部に位置情報を記憶する第1の記憶処理段階と、前記符号化情報記憶部に前記符号化した情報を記憶する第2の記憶処理段階とを有する。好ましくは、前記位置情報は波形等化なしで再生可能なように記録されている。

【0031】前記位置情報記憶部に記憶されている位置情報を読みだし、その読み出して位置情報を用いて、前記光ディスク記録媒体に記憶する位置と先行する位置に

記憶されている符号化情報を読み出す情報読みだし段階をさらに有し、前記第7の段階において、該情報読みだし段階で読み出した位置情報を用いて、前記記憶位置における符号化処理および前記記憶処理を行う。

【0032】また本発明によれば、上記二次元符号化・記憶方法を実施する装置が提供される。

【0033】さらに本発明によれば、二次元方向に最短拘束長および最長拘束長のラン・レンジス・リミテーション(RLL)を満足する二次元符号値配列に符号化して並列読みだし方式の二次元的記録媒体に記録されている二次元RLL符号値配列情報を復号し原データを再生する二次元復号化・再生方法であって、前記二次元RLL符号値配列情報は、二次元RLL復号処理を行う単位の処理単位データ(q)を前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の記録位置に対応させたm×nマトリクス・セルの二次元RLL符号値配列として規定され、m×nマトリクス・セル内の符号値配列について二次元方向において同じ符号値が所定数(d)連続して存在する最短拘束長(d)を満足しており、あるm×nマトリクス・セルの符号値配列に隣接するm×nマトリクス・セルの符号値配列とは連続し接続可能になっており、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体の二次元方向において同じ符号値が所定の個数以上連続しない範囲に最長拘束長(k)以内の符号値配列であり、前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体から読み出した二次元符号値配列情報を前記RLL符号規則に則して復号する二次元復号化・再生方法が提供される。

【0034】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カード、二次元状メモリカードを含む。

【0035】前記並列読みだし方式の二次元的記録媒体は光カードであり、前記m×nマトリクス・セルは光カードにおける横方向および縦方向の記録位置に対応しており、前記光カードの所定位置に、前記横方向に沿って分割した領域に位置情報が記憶されており、該位置情報を参照して前記復号処理のタイミングをとる。

【0036】好ましくは、前記情報読みだし段階は、走査方向と所定の角度をもってずれている複数の列状に配置された検出窓を用いてCCDで位置情報を検出する。

【0037】前記CCDの走査方向とのずれ角度θは、検出窓の数wとは下記の条件が規定される。

$$\sin \theta = 1 / (w + 1)$$

【0038】

【発明の実施の形態】本発明の二次元符号値配列(二次元データパターン)に関する二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法、二次元RLL復号化方法、および、これらの方法を実施する装置について添付図面を参照して好適実施例を述べる。

【0039】本発明の二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法も適用対象は、特に、二次元的記録媒体に限定されず、二次元的に符号化が必要であり、

その復号を行う適用分野に広く適用できる。しかしながら、本発明の二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法は、特に、二次元的記録媒体への適用に好適である。したがって、以下の記述においては、特に、二次元的記録媒体への適用を中心に述べる。

【0040】二次元的記録媒体

本発明の対象とする二次元的記録媒体は、光ディスク記録媒体に限らず、磁気バブル記録媒体のような磁気バブルがシーケンシャルに動作するような記録媒体を除いた、記録原理自体が二次元的に可能なもの、読みだし・書き込みが二次元的に可能なものなど種々のものがあり、その例を下記に挙げる。

1. 光ディスク記録媒体、光磁気ディスク記録媒体などの光学式記録媒体

2. 磁気ディスク記録媒体

3. 光カード

4. メモリカード

5. 磁気テープ記録媒体

6. 磁気ドラム記録媒体

20 9. ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、フラッシュメモリ(不揮発性半導体メモリ)などの半導体メモリ

【0041】光ディスク記録媒体、光カード、メモリカードについては実施例として具体例を後述する。磁気ディスク記録媒体は、光ディスク記録媒体と同様、円周方向と半径方向に記憶を考慮すべき本発明の二次元的記録媒体である。たとえば、ハードディスク記録媒体は本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。磁気ドラム記録媒体の回転面は、円周方向の記憶に加えて隣接するトラック方向の記憶を考慮すべき本発明の二次元的記録媒体である。磁気テープ記録媒体は、連続的な書き込み・読みだしを行われるが、隣接するトラック方面への記録を考慮すると、特に、マルチトラック方式においては、本発明の二次元的記録媒体に該当する。半導体メモリの記憶密度の向上は現在、主として、半導体製造技術の課題であり、通常、シーケンシャルに読みだし・書き込みが行われるが、フラッシュメモリなどのように一括してディスク記録媒体の書き込み・読みだしを行う場合は光ディスク記録媒体と同様、本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。また、現在、シーケンシャルに読みだし・書き込みが行われるその他の半導体メモリについても、メモリの構成自体が二次元状になっているから、符号化データを記録するように用途によって本発明の二次元RLL方法を適用することが好適な場合がある。したがって、半導体メモリは、フラッシュメモリに限らず、本発明の二次元的記録媒体の1つに該当する。

30 【0042】二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法の概要
本発明の詳細を好適実施例に関連づけて述べる前に、図5を参照して、本発明の二次元RLL方法、二次元RLL

L符号化方法および二次元RLL符号化方法の概要を述べる。

【0043】A. 共通処理

本発明の二次元RLL方法、二次元RLL符号化方法および二次元RLL復号化方法においては、共通処理として、下記に述べるパターン選定順位決定処理を行う。パターン選定順位決定処理は、本発明の二次元RLL方法の基本的内容である。以下、本発明の二次元RLL方法の基本事項を下記に述べる。

【0044】1. データブロックとコード番号の規定

1. 1 符号化対象原データと符号化処理単位データ
本発明の二次元RLL方法においては、RLL符号化対象の1ワード、たとえば、32ビットの2進数の原データを直接そのまま符号化するのではなく、符号化処理の観点から、たとえば、4ビット(0~15)の2進数の部分データごと、8回、符号化処理する。一般的にいえば、1ワード、 p ビット($p=32$)の2進数のRLL符号化対象の原データを、 r ビット($r=4$)ごとに区分した部分データごとに、 p/r 回、分割処理する。本明細書において、上記原データを記録用原データ*i d*(*q*)、RLL符号化対象原データ*i d*(*q*)あるいは単に原データ*i d*(*q*)などと呼ぶ。また、上記部分データを符号化処理単位データ*q*、処理単位データ(*q*)などと呼ぶ。ただし、原データ*i d*(*q*)と処理単位データ*q*とは分割処理するだけの相違であるから、便宜的に*i d*(*q*)と表したり*q*と表すことがある。

1. 2 データブロックと拘束長

本発明の二次元RLL方法においては、分割処理として、符号化処理単位データ*q*を $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列(データパターン)に変換する。各セルのビット長は1ビットであり、その符号値は0または1である。なお、 $(m \times n) > q$ である。 $m \times n$ マトリクス・セルをRLL処理および符号化の処理単位である1データブロックと言う。 $m \times n$ マトリクス・セルの全ての符号値1の配列を表すため、連続的なコード番号: 0~ $m \times n$ を付す。その理由は、符号化処理において具体的な符号値配列を用いるよりコード番号を用いるほうが便利であるからである。コード番号は好適には、 $m \times n$ マトリクス・セルを LSB から MSB に向かって、2のべき乗で表し、セルの符号値が1であるものを合計した値にする。その具体例を、図6(A)、(B)および図9を参照して後述する。

【0045】2. 二次元RLLの第1の条件: 最短拘束長

二次元RLLの第1の条件として、1データブロックとしての $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列で二次元的に最短拘束長 d_1 , d_2 を満足する符号値配列を用いる。すなわち、全ての $m \times n$ マトリクス・セル内の符号値配列のうち、横方向(第1方向)において符号値0または符号値1が連続して d_1 個存在する符号値配列、お

よび、縦方向(第2方向)において、符号値0または符号値1が連続して d_2 個存在する符号値配列を選択して用いる。すなわち、本発明においては、横方向にRLLの最短拘束長 d_1 および縦方向にRLLの最短拘束長 d_2 の条件を満足する符号値配列とそれに対応するコード番号を選択する。その結果、 $0 \sim m \times n$ 個の符号値配列のうち、上記最短拘束長を満足するものだけが有効な符号値配列として、符号化に使用される。なお、 $m \times n$ マトリクス・セルにおいて、 $m=n$ ならば、最短拘束長 $d_1 = d_2 \equiv d$ である。本実施例においては、上記のごとく求めた有効な符号値配列またはコード番号を使用可能フラグ $E_{\cdot}(n) = 1$ として示す。本実施例における 3×3 マトリクス・セルの符号値配列のうち、最短拘束長を満足する符号値配列はコード番号を図7~図8および図9に示した。これらの詳細は後述する。

【0046】3. 二次元RLLの第2の条件: 二次元的な接続可能性、選択順位

上述した最短拘束長は、符号化処理単位データ*q*に対する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列のみでなく、符号化の対象としている $m \times n$ マトリクス・セルの周囲の符号値配列についても適用される。したがって、二次元RLLの第2の条件として、第1条件によって最短拘束長が満足された有効な符号値配列(コード番号)の全てについて、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列と、他の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列とを二次元的に隣接させた場合、それらの境界において、隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列相互が、二次元的に上記最短拘束長を満足しているか否かを事前にチェックし、最短拘束長を満足する符号値配列相互を記憶しておく。符号化処理単位データ*q*に対する $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列は、本発明においては、第1文献のごとく、単なるコード変換ではないからち、第2の条件を満足し、かつ、隣接する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列との関係によって規定される。すなわち、符号化処理単位データ*q*に対する $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列は、符号化処理単位データ*q*自体の値、その符号化処理単位データ*q*の周囲の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列によって変化する。そのため、上記のごとく、ある $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列と接続可能な $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を事前にチェックしておき、その中から、そのときの条件に合致する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を選択する。接続可能性のある符号値配列の中で、接続可能性の高い順から選択していく。そのため、本発明においては、選択順位を決める。なお、本発明の実施例において、周囲の符号値配列との二次元的な最短拘束長を満足して接続可能か否かを、横方向(光ディスク記録媒体の円周方向)と縦方向(光ディスク記録媒体の半径方向)との分けてチェックし、その結果を、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラ

グT (m, n)として表している。また、上記選択順位を本実施例において、選択順位aとして表している。図14～図19に円周方向接続可能フラグL (m, n)の例を示し、図21～図26に半径方向接続可能フラグT (m, n)の例を示した。これらの図におけるコード番号の順序は、選択順位aの順に並んでいる。これらの詳細は後述する。

【0047】4. 二次元RLLの第3の条件：最長拘束長

二次元RLLの第3の条件として、第1条件および第2条件によって二次元的に最短拘束長が満足されたものについて、二次元的に最長拘束長 k_1 , k_2 の拘束条件を課す。最長拘束条件を課す理由は、光ディスク記録媒体の例について上述した。最長拘束長 k_1 , k_2 で拘束するので、符号化処理単位データqの $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列の周囲の符号値配列を、特に、位置的にその $m \times n$ マトリクス・セルの先行する位置にある複数の $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列との符号値について、最長拘束長が満足しているか否かを決定する。最長拘束長の判断に利用するため、各データブロック、すなわち、 $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列について、横方向に符号値0が連続しているか、符号値1が連続しているか、縦方向に符号値0が連続しているかを示す情報を予め求めておく。本実施例においては、それらの情報をパターン内連続スペースフラグS (n, j)およびパターン内連続マークフラグM (n, j)として表し、その例を図11 (A)、(B) および図12 (A)、(B) に示した。これらの詳細は後述する。

【0048】上記二次元RLL拘束に関する第1条件～第2条件および第3条件の一部に関する情報を事前に求め、記録媒体などに記憶しておく。この記録媒体は、原データに対応する符号値配列を記録する二次元的記録媒体とは異なるメモリ、たとえば、ROM、ハードディスク記録媒体などである。このようにして記録媒体に記憶されている情報を、具体的な原データid (q) (符号化処理単位データq) の二次元RLL符号化処理および二次元RLL復号化処理において使用する。

【0049】なお、以上は一般的なrビットの符号化処理単位データqに対する $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列を、最短拘束長 d_1 , d_2 、最長拘束長 k_1 , k_2 の二次元RLL符号化に適用する場合を述べた。また、対象は二次元的記録媒体に特定せず、一般的に述べた。したがって、本発明の二次元RLL方法は二次元的記録媒体に限らず、一般的な符号化処理単位データqを $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列に符号化する場合に適用できる。

【0050】B. 符号化処理

本発明の二次元RLL符号化方法においては、上記パターン選定順位決定処理で得られた情報を用いて、原データid (q) について符号化処理単位データqごとに二

次元RLL符号された適切な符号値配列を選択するという、符号化パターン選択処理を行う。具体的に言えば、光ディスク記録媒体に記憶する符号値配列を選択する場合、記録パターン選択処理になる。二次元RLL符号化処理後、変調などの処理を行って、RLL処理単位データに対応する選択された符号値配列を二次元的記録媒体に記録する。本発明においては、第1文献に記載のごとく、原データを単にシリアルデータを $m \times n$ の二次元配列データに変換するのではなく、上記二次元的RLLによる制約を課して $m \times n$ マトリクス・セルの二次元符号値配列を得る。このような二次元符号値配列は、二次元的な最短拘束長、最長拘束長および連続性などの条件を満足しているから、NRZなどの変換によっても方向によって値が変化するという問題はない。

【0051】C. 復号化処理

本発明の二次元RLL復号化方法においては、二次元的記録媒体に上記のごとく記録された符号値配列を読みだし、パターン選定順位決定処理で得られた情報を用いて、二次元RLL符号化方法と逆の処理をして復号する。最終的にRLL符号化対象の原データid (q) に対応するデータを再生するときは、本発明においてはさらに、好ましいパーシャルレスポンスに基づいて波形等化などの再生処理を行う。

【0052】二次元RLL符号化方法

本発明二次元RLL方法および二次元RLL符号化方法の実施例を述べる。まず、パターン選定順位決定処理について述べる。以下、二次元的記録媒体の例として光ディスク記録媒体を例示する。また、 $m \times n$ マトリクス・セルの具体例として、符号化処理単位データq = 0～15 (r = ビット) の二次元符号値配列を表すため、3×3マトリクス・セルとする。なお、原データid (q) と符号化処理単位データqとを区別しないで述べるが、個々の処理は4ビットの符号化処理単位データq = 0～15について述べ、たとえば、32ビットの原データid (q) にはその処理を8回繰り返すと理解しておく。

【0053】図6 (A)、(B) は、 $m \times n$ マトリクス・セルの符号値配列 (データパターン) の1例として、3×3マトリクス・セルの符号値配列の各々の符号値を LSB から MSB に向かって位置づけし、2進数べき乗表記の重み付けをした図表である。本実施例においては、符号化処理単位データq = 0～15である。本実施例では、r = 4ビットで符号化処理単位データq = 0～15の二次元符号値配列を表現するのに、RLL拘束条件などを考慮して、4ビットより充分大きな3×3マトリクス・セル、すなわち、9ビットを用いる。3×3マトリクス・セルの9個の枠をセルと呼ぶ。本実施例においては、9個のセルは2進数表記で9ビットに相当しており、LSB から順に MSB に向かって、2のべき乗表記で、1、2、4、…、256と重みづけする。これら9ビットを組み合わせると、下記式1に基づいて

19

コード番号 $n = 0 \sim 511$ を表すことができる。これら
コード番号は符号値配列に対応している。
*

$$n = \sum_{i=0}^8 C(i) \times 2^i$$

20

*【0054】

【0055】上記 3×3 マトリクス・セルは、光ディスク記録媒体の二次元記憶位置に対応している。横方向のセルは光ディスク記録媒体の円周方向に記憶位置（ピット位置）に対応しており、縦方向のセルは光ディスク記録媒体の半径方向（トラック方向）の記憶位置（ピット位置）に対応している。光ディスク記録媒体以外の二次元的記録媒体についても上記同様である。

【0056】図6(A)、(B)において、横方向を列と呼び、列インデックス j で表す。列 j は $0, 1, 2$ の3列存在する。縦方向を段または行と呼び、段（または行）インデックス k で表す。段 k も $0, 1, 2$ の3段存在する。また、セル位置をインデックス i で示し、以下の記述において、 $C(i)$, $i = 0 \sim 8$ と表記することもある。以下の記述において、横方向を、 x 方向、また※20

	符号値0		
(a)	0	0	0
(b)	0	0	1
(c)	1	0	0

【0059】列方向についても同様である。RLLにおいてこの制約を最短拘束長2Tと言う。本発明においては二次元RLLであるから、二次元方向に最短拘束長 d_1, d_2 が存在するが、本実施例は $m \times n$ マトリクス・セルにおいて $m = n - 3$ であるから、 $d_1 = d_2 = d = 2$ である。図7および図8はコード番号：0～511のうち、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列について最短拘束長2Tの制約を満足するコード番号とその内容を示した図表である。図解の関係で図7と図8とは分離しているが、これらの内容は連続している。

【0060】図7～図8および図9は全コード番号0～511のうち、最短拘束長2Tの制約を満足する101個の符号値配列（コード番号）についてスペース（符号値0）およびマーク（符号値1）を 3×3 マトリクス・セルの符号値配列（データパターン）に図解した図表である。図9に図解したいいくつかのコード番号と符号値配列とを例示してその内容を述べる。

コード番号0：段方向（横方向）において1～3段（行）とも符号値0（スペース）が3個連続しており、列方向（縦方向）1～3列とも符号値0が3個連続しているから最短拘束長2Tの条件に合致している。

コード番号1：段方向において、第1段（行）が符号値0が2個連続し、第2段が符号値0が3個連続し、第3段が符号値0が3個連続しており、列方向において、第2列および第1列が符号値0が3個連続し、第0列が符号値0が2個連続しているから、最短拘束長2Tの条件

※は、光ディスク記録媒体などの円周方向またはタンジェンシャル方向と呼ぶこともある。同様に、縦方向を、y方向または光ディスク記録媒体などの半径方向またはトラック方向あるいはラジアル方向と呼ぶこともある。

10 【0057】最短拘束長2T

二次元RLLの第1の拘束条件として最短拘束長を定める。本実施例においては、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の各々の列（縦方向）および段（横方向）の符号値（またはデータ）に関して、同じ符号値が少なくとも2個連続するという最短拘束長を規定する。たとえば、ある段の符号値が0または1で2個以上連続する例を下記に示す。

【0058】

	符号値1		
(a)	1	1	1
(b)	1	1	0
(c)	0	1	1

を満足している。

図示しないコード番号2：横方向、第1段の符号値が（010）となるので、最短拘束長2Tの制約を満足しない。したがって、本実施例において、コード番号2を二次元RLL符号化対象から除外する。

【0061】図10は 3×3 マトリクス・セルについてコード番号0～511について、最短拘束長2Tの条件を満足するコード番号（左欄）と、この条件を満足しないコード番号（右欄）とを示した図表である。図10の右欄に示した二次元RLL符号化の対象から除外したコード番号の符号値配列、たとえば、（010）や（101）は、光ディスク記録媒体上の記録符号値配列としては現れない。上述したように、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列は0～511の最大512個存在するが、 3×3 マトリクス・セルについての最短拘束長を満足する符号値配列は101個である。

40 【0062】最大拘束長16T

二次元RLLの第2の拘束条件として最大拘束長を定める。本実施例において、光ディスク記録媒体の円周方向（横方向、 x 方向）には最大17個以上、符号値1（マーク）または符号値0（スペース）が連続しないという制限を与える。すなわち、本実施例においては、横方向の最大拘束長を16Tとする。まず、この拘束条件を設けた理由を述べる。光ディスク記録媒体からのデータ再生時の時間軸方向は円周方向に該当する。光ディスク記録媒体の円周方向の信号再生時（抽出時）に再生信号に

帯域制限がかかるから、符号値1または符号値0が長く連続すると再生信号に低域成分が発生する。低域成分が長く伸びていると(継続していると)、サーボ信号に悪影響を与えたり、信号読み取り時のS/Nの低下を招き、エラーレートを増加させる原因になる。従って、本実施例においては低域成分を制限するために、連続する符号値0の数または連続する符号値1の数を制限する。次いで、最大拘束長16T、すなわち、17個以上符号値1または符号値0を連続させないという数値の根拠を述べる。本実施例においては 3×3 マトリクス・セルの符号値配列を1データブロックとして処理を行うから、その符号値配列の識別のために光ディスク記録媒体の円周方向について、4データブロック以上連続して符号値0または符号値1にならないという拘束条件にする。3段(行)については $3 \times 4 = 12$ セルとなる。これらのセルの前後には少なくとも3つ連続して同じ符号値が並ばないようにすると、その両側のセルの符号値として同じ符号値0または同じ符号値1が続くのはそれぞれ2セルまでとなる。故に、 $12 + 2 + 2 = 16$ を越えて同じ符号値が連続しないことになる。すなわち、最大拘束長は16Tである。

[0063]一般的には、縦方向にも最大拘束長を規定するが、二次元的記録媒体として光ディスク記録媒体を例示している本実施例においては、縦方向(トラック方向)には最大拘束長を規定しない。その理由は下記のごとく考えられる。光ディスク記録媒体の記録・再生装置の構成の複雑さの回避および価格の高騰の回避のため現実的な数で光ヘッド数または再生スポットの数が制限される。本実施例においては、スポットの最大数は3~4個程度と考えている。スポット数がこのように現実的な数で制限されるから、縦方向には物理的に最長拘束長が規定されていると考えることができる。なお、二次元的記録媒体としてICメモリカード、磁気ディスク記録媒体など用い、多数の磁気ヘッドを用いるときなども、現実的には、物理的な要因で制限されることになるが、そのような制限のない場合は、縦方向に適切な最大拘束長を規定する。

[0064] 最短1Tのデータパターンの排除

第1実施例においては最短拘束長2Tを拘束条件としたから拘束長1Tの符号値配列(データパターン)を排除する。したがって、パターン選定順位決定処理の第1段階として、 3×3 マトリクス・セル内の符号値配列の符号値が最短1Tのものを排除し、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列について最短拘束長2Tの拘束条件を満足するものを検出する。

[0065] 図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)は、後述するパターン選定順位決定処理によって得られた、図9に示した 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内で符号値0(スペース)または符号値1(マーク)が3個連続しているかどうかを表す図表で

ある。

[0066] 図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)において、nはコード番号0~511を示し、jは図6(B)に示した横方向の列を表す。図11(A)および図12(A)に示したS(n, j)をパターン内連続スペースフラグと呼び、図9に示したスペース(符号値0)の連続を示している。数値0はスペースが3個連続していないことを示し、数値1はスペースが3個連続していることを示す。図11(B)および図12(B)に示したM(n, j)をパターン内連続マークフラグと呼び、図9に示したマーク(符号値1)の連続を表している。数値0はマークが3個連続していないことを示し、数値1はマークが3個連続していることを示す。パターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)は、決定すべき 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の周囲の符号値配列と、決定すべき 3×3 マトリクス・セルの符号値配列との組み合わせて結果が最長拘束長を満足するか否かを判断するのに使用する。すなわち、ある位置の周囲の符号値配列との最長拘束長をチェックする際、それかのコード番号を検索したとき、その符号値配列が全て同じ符号値であるか否かを迅速に判別するため、事前に、S(n, j)およびM(n, j)を求めておく。

[0067] 図11(A)、(B)および図12

(A)、(B)の縦方向のコード番号nの順番は図9および図10に示したコード番号の順序には並んでいない。これらのコード番号の順序は、図27(A)、(B)~図30(A)、(B)に示したコード番号の順序と同じであり、後述する、パターン選定順位決定処理によって得られた選択順位aに従った順序である。

[0068] 図9をも参照して、図11(A)および図12(A)に示したパターン内連続スペースフラグS

(n, j)および図11(B)および図12(B)に示したパターン内連続マークフラグM(n, j)の具体例を述べる。コード番号0:スペース(符号値0)が0~2列の全てに3個連続しているから、スペース連続記号S(0, 0) = 1, S(0, 1) = 1, S(0, 2) = 1であり、マーク(符号値1)が0~2列のいずれにも存在しないから、マーク連続記号M(0, 0) = 0, M(0, 1) = 0, M(0, 2) = 0である。コード番号511はコード番号0の逆である。すなわち、スペース連続記号S(0, 0) = 0, S(0, 1) = 0, S(0, 2) = 0であり、マーク連続記号M(0, 0) = 1, M(0, 1) = 1, M(0, 2) = 1である。コード番号507:スペース連続記号S(0, 0) = 0, S(0, 1) = 0, S(0, 2) = 0であり、マーク連続記号M(0, 0) = 1, M(0, 1) = 1, M(0, 2) = 0である。

[0069] 円周方向の接続および半径方向の接続可能性

パターン選定順位決定処理の第2段階として、ある 3×3 マトリックス・セルの符号値配列と、隣接する先行する位置の 3×3 マトリックス・セルの符号値配列との接続可能性（連続性）をチェックする。

【0070】円周方向のデータパターン接続関係：L (m, n)

図13は光ディスク記録媒体の円周方向の符号値（データ）の接続関係を図解した図である。光ディスク記録媒体の回転の向きおよび光学ヘッドの位置を考慮すると、右側が先行する位置のセルに該当し、左側が後行する位置のセルに該当する。光ディスク記録媒体の円周方向の接続関係は、先行する位置のセルC (m, 2) が後行する位置のセルC (n, 0) に隣接しており、先行する位置のセルC (m, 5) が後行する位置のセルC (n, 3) に隣接しており、先行する位置のセルC (m, 8) が後行する位置のセルC (n, 6) に隣接している。m が位置的に（または走査時間的に）先行する位置のコード番号を示し、n が後行する位置のコード番号を示す。

【0071】図14～図19は、図13に図解した接続関係と図9に図解した 3×3 マトリックス・セルの符号値配列について、光ディスク記録媒体の円周方向の符号値相互の接続が可能かどうかを示す図表である。図14～図19は本実施例で利用可能な全てのコード番号について円周方向の符号値相互の接続可能性を示しているが、図解の関係で第1～第3部分に分割して示した。記号L (m, n) は光ディスク記録媒体の円周方向の接続を示す円周方向接続可能フラグである。L (m, n) = 1 は光ディスク記録媒体の位置 (m : n) における符号値（データ）が接続可能であることを示し、L (m, n) = 0 は位置 (m : n) における符号値（データ）が接続不可であることを示す。たとえば、図14の第1行は、後行する位置のセルC (n, 0) に対して先行する位置のセルC (m, α) の接続関係を示している。記号αは図14の第1行のコード番号：0, 511, 507, . . . を示す。

【0072】半径方向のデータパターン接続関係：T (m, n)

図20は光ディスク記録媒体のトラック（半径）方向の接続関係を図解した図である。光ディスク記録媒体の半径方向の接続位置は、先行する（外側）位置のセルC (m, 6) が後行する（内側）位置のセルC (n, 0) に隣接し、先行する位置のセルC (m, 7) が後行する位置のセルC (n, 1) に隣接し、先行する位置のセルC (m, 8) が後行する位置のセルC (n, 2) に隣接している。m が光ディスク記録媒体の位置的に（走査時間的に）先行する（外側）位置のコード番号を示し、n が後行する（内側）位置のコード番号を示す。

【0073】図21～図26は光ディスク記録媒体の半径方向の符号値（データ）相互が接続可能かどうかを示す図表である。図21～図26は本実施例で利用可能な

全てのコード番号について半径方向の符号値（データ）相互の接続可能性を示しているが、図解の関係で第1～第3部分に分割して示した。記号T (m, n) はディスク記録媒体の半径方向（トラック方向）の接続を表す半径方向接続可能フラグである。T (m, n) = 1 は光ディスク記録媒体の位置 (m, n) において接続可能を示し、T (m, n) = 0 位置 (m, n) において接続不可を示す。たとえば、図21の第1列は、後行する（内側）位置のセルC (n, 0) に対して先行する（外側）位置のセルC (m, β) の接続関係を示している。記号βは図21の第1列のコード番号、0, 511, 507, . . . を示す。

【0074】パターン選定順位決定処理の第1段階として、 3×3 マトリックス・セル内の符号値配列が最短2Tの制約条件を満足する状況の下で、以上のとおり、パターン選定順位決定処理の第2段階として、隣接するセルの符号値（データ）相互が、円周方向とトラック方向の両面から接続可能か否かが明確にされている。

【0075】円周方向接続および半径方向接続の具体例

【0076】記録データパターン選定順位決定処理方法

図27 (A) ~ (C), ~, 図30 (A) ~ (C) は、符号化処理単位データ q (または i d (q)) について、パターン選定順位決定処理によって得られた結果の1例を示した図表である。このパターン選定順位決定処理においては、具体的な記録用原データ i d (q) に対する符号化処理単位データ q ではなく、将来の接続可能性をチェックするため、符号化処理単位データ q = 0 ~ 15 の全てについて、円周方向接続および半径方向接続の状態を求める。パターン選定順位決定処理の結果の詳細については後述する。

図31は、図11 (A), (B) ~ 図12 (A), (B), 図14 ~ 図19, 図21 ~ 図26, 図27 (A) ~ (C), ~, 図30 (A) ~ (C) に例示した結果を得るための、パターン選定順位決定処理（二次元 RLL 方法）のフローチャートである。この処理は、2 次元 RLL 符号化方法および 2 次元 RLL 復号化方法において共通する情報を得る処理である。コード番号 (3×3 マトリックス・セルの符号値配列) の選定順位はセルの前後左右により多く接続できる符号値配列に該当するコード番号の順に選定する。その選択順位は、符号値配列相互に応じて異なる。したがって、図27 (A) ~ (C) ~ 図30 (A) ~ (C) には1例を示したが、最終的には、ある 3×3 マトリックス・セルの符号値配列と他の 3×3 マトリックス・セルの符号値配列とを隣接させ、その接続可能性を、全ての符号値配列相互について調査し、接続回数の多いものから選択順位 a (コード N (a)) を求める。選択順位 a は、図9に図解したように、符号値 0 相互の接続可能性は、コード番号 0 のもの、符号値 1 相互の接続可能性はコード番号 511 が当然高い。したがって、図11 (A), (B) および図1

2 (A)、(B)に示したように、コード番号0、コード番号511のようすに選択順位aが決定される。以下、図31のフローチャートに示した処理方法を述べる。

【0077】ステップS1：最短1Tの排除

この処理においては、コード番号0～511に対応する3×3マトリクス・セルの符号値配列のなかで最短1Tになる符号値配列とそれに対応するコード番号を検出する。換言すれば、この処理によって、3×3マトリクス・セル内の符号値配列が最短拘束長2Tを満足する符号値配列を検出し、そのコード番号または符号値配列を使用可能フラグE(n)=1とする。nはコード番号である。コード番号0～511のなかからこの判定処理によって得られた利用可能な101個のコード番号の符号値配列が図9に図解されている。ステップS1における処理の詳細は図33を参照して後述する。

【0078】ステップS2：L(m, n)の算出

3×3マトリクス・セル内の符号値配列で最短拘束長2Tを満足する符号値配列（コード番号）について、光ディスク記録媒体の円周方向において、ある3×3マトリクス・セルの符号値配列と、他の3×3マトリクス・セルの符号値配列とを隣接させた場合、円周方向の境界における符号値相互が最短拘束長d=2を満足し、それらの符号値配列同士が円周方向に接続可能であるか否かをチェックし、境界において最短拘束長d=2を満足する場合、円周方向接続可能フラグL(m, n)=1にする。この処理によって得られた結果を、図14～図19に示した。ステップS2の処理の詳細は図33を参照して後述する。

【0079】ステップS3：T(m, n)の算出

ステップS2における円周方向の接続可能性の処理を半径方向についても行う。すなわち、3×3マトリクス・セル内の符号値配列で最短拘束長2Tを満足する符号値配列（コード番号）について、光ディスク記録媒体の半径方向において、ある3×3マトリクス・セルの符号値配列

$$X(n) = \sum_{l=1}^3 L(l, n) + \sum_{l=1}^3 T(l, n) + \dots \quad (2)$$

【0083】総接続可能フラグX(n)の値の大きい順序を決定する理由は、ある実際の記録用原データid

(q)を符号化処理単位データqごと符号化するとき、符号化処理単位データqに対応する符号値配列（データパターン）を確実かつ一義的に選択できるようにするために、その選択順位aの関係から、確実に復号ができるようにするためである。選択順位aに従って並べたコード番号の順序が、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)、図14～図19、図21～図26、図27(A)～(C)～図30(A)～(C)に例示されている。ステップS5における処理の詳細は図36を参照して後述する。

【0084】以上の処理をまとめると、本実施例におい

*値配列と、他の3×3マトリクス・セルの符号値配列とを隣接させた場合、半径方向の境界における符号値相互が最短拘束長d=2を満足し、それらの符号値配列同士が円周方向に接続可能であるか否かをチェックし、境界において最短拘束長d=2を満足する場合、円周方向接続可能フラグT(m, n)=1にする。この処理によって得られた結果を、図21～図26に示した。ステップS3の処理の詳細は図34を参照して後述する。

【0080】ステップS4：S(n, i)およびM(n, j)の算出

3×3マトリクス・セル内の符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向に連続する部分をスペース（符号値0）とマーク（符号値1）とに分けてそれぞれ検出し、それらをパターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)で表す。ある列jにおいて、スペース（符号値0）が3個連続している場合、S(n, j)=1であり、スペースが3個連続していない場合、S(n, j)=0である。これらパターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)は、ある3×3マトリクス・セルの周囲の符号値配列の最長拘束長をチェックするときに利用する。この処理によって得られた結果を、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)に示した。ステップS4に処理の詳細は図35を参照して後述する。

【0081】ステップS5：選択順位aの決定

光ディスク記録媒体の円周方向および半径方向において、隣接する3×3マトリクス・セルの符号値（データ）相互の接続可能を示す総接続可能フラグX(n)を下記式2に基づいて計算し、選択順位aに基づいて、総接続可能フラグX(n)の値の大きいコード番号の順序に並べる。

【0082】

$$L(n, l) + \sum_{i=1}^3 T(i, n) + \sum_{i=1}^3 T(n, i) + \dots \quad (2)$$

では下記の手順でパターン選定順位決定処理（二次元RLL処理）を行う。第1段階として、3×3マトリクス・セルの符号値配列について、縦方向および横方向に最短拘束長2Tを満足する符号値配列とそれに対応するコード番号nを選別する（ステップS1）。その結果は、使用可能フラグE(n)=1として示される。第2段階として、最短拘束長2Tを満足するコード番号の符号値配列について、光ディスク記録媒体の円周方向および半径方向において隣接する3×3マトリクス・セルの符号値配列相互が最短拘束長2Tを満足し将来接続できるか否かの接続可能性を調査する（ステップS2, S3）。その結果は円周方向接続可能フラグL(m, n)および半径方向接続可能フラグT(m, n)に示され

る。第3段階として、必須ではないが、 3×3 マトリクス・セルを越える二次元領域において符号値の最長拘束長をチェックする便宜的な情報として、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内で円周方向にスペース（符号値0）が連続しているか、マーク（符号値1）が連続しているかを検出しておく（ステップS4）。その結果が、パターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)に示される。第4段階として、光ディスク記録媒体の円周方向、半径方向および前後の接続可能状態を検査して接続可能性の高い順序を選択する（ステップS5）。その結果が、選択順位aおよびコードN(a)として示される。以下、上述した図31の処理の詳細を図32～図36を参照して述べる。

【0085】二次元的に最短拘束長2Tを満足する符号値配列の検出（1Tの排除）

図32は図31のステップS1に示した処理の詳細を示すフローチャートである。図32に示した処理においては、全てのコード番号の符号値配列のうち、二次元的に最短拘束長2Tを満足する符号値配列を検出する。換言すれば、1Tの符号値配列を検出して、符号化対象から外す。図32において、nはコード番号を示す。kは段インデックスであり、段インデックスkは図6(B)における右端の行（段）を示す。記号C(n, k)はコード番号n、セル番号kのデータを示し、符号値0（スペース）か符号値1（マーク）のどちらかである。jは図6(B)に示した列を示すインデックスである。記号C(n, j)はコード番号n、セル番号jの符号値配列を示す。各々のセルの値は、符号値0（スペース）か符号値1（マーク）のどちらかである。使用可能フラグE(n)は、コード番号nの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列が二次元方向に最短拘束長2Tを満足しているか否かを示すフラグである。E(n)=1は最短拘束長2Tを満足する符号値配列を示している。E(n)=0なら最短拘束長2Tを二次元的に満足していない符号値配列を示す。E_{total}は使用可能フラグE(n)=1の総和を示す。本実施例において、コード番号nは0～511の値をとるが、二次元方向に最短拘束長2Tを満足する利用可能なものは101個である。

【0086】ステップS11：初期値設定

使用可能フラグE(n)を求めるために全てのコード番号0～511について順に調べていくので、初期設定として、コード番号と合計使用可能数E_{total}を0に設定する。

【0087】ステップS12～S17：円周方向の符号値の1Tのチェック

3×3 マトリクス・セル内の符号値配列（データパターン）の横方向（光ディスク記録媒体の円周方向）の符号値が最短拘束長2Tではない1Tの関係にある符号値配列を検出する。1段の符号値が最短拘束長2Tを満足し

- ない場合、すなわち、円周方向における3個の符号値の隣接する2ヶ所において、符号値が(0-1)または(1-0)のように異なった値を示し、ある段の3個の符号値が(0-1-0)または(1-0-1)の場合の符号値配列は本実施例では許可されない最短1Tである。符号値配列が1Tの場合は使用可能フラグE(n)=0にする。最短拘束長2Tという条件に合致しない符号値配列を検出する判定条件を、本実施例において、「不適合符号値配列検出判定条件」という。この不適合符号値配列の検出判定条件は横方向（円周方向）だけでなく、縦方向（半径方向）についても適用する。
- 【0088】ステップS12においてインデックスi=0にする。i=0は図6(B)の 3×3 マトリクス・セルにおける上段右端のセルを示し、i=3は中段右端のセルを示し、i=6は下段右端のセルを示す。ステップS13において隣接するセルC(n, k)の符号値とセルC(n, k+1)の符号値が同じか否かをチェックし、同じなら最短2Tを満足するから、ステップS16に移行して次の段のチェックのためインデックスiを3だけ加算する。ステップS13において1Tの場合は、ステップS14においてその隣の隣接するセルC(n, k+1)の符号値とセルC(n, k+2)の符号値が同じか否かをチェックし、同じなら最短拘束長2Tを満足するからステップS16に移行して次の段のチェックのためインデックスiを3だけ加算する。 3×3 マトリクス・セルのある段の符号値配列が不適合符号値配列検出判定条件に合致しているとき、条件を満足しないことを示すためステップS15において使用可能フラグE(n)=0にする。以上の処理をコード番号n=511まで反復する（ステップS18, 19）。ある段の符号値配列が不適合符号値配列検出判定条件に合致しないとき、ステップS17において3段の符号値配列が最短拘束長2Tを満足していることを示すインデックスiが9のとき横方向の1Tのチェックが終了し、縦方向のチェックに移行する。
- 【0089】ステップS20～S25：半径方向の1Tのチェック
- ステップS12～17において 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の3段全てに最短拘束長2Tが満足された場合、ステップS20～S25において、横方向（円周方向）と同様、縦方向（半径方向）についても、不適合符号値配列検出判定条件を適用して、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列について1Tのチェックを行う。この場合の不適合符号値配列検出処理は、列インデックスjを用いて、縦方向の隣接するセル、C(n, j)の符号値とセルC(n, j+3)の符号値との一致のチェック、セルC(n, j+3)の符号値とセルC(n, j+6)の符号値との一致のチェックである。j=0は図6(B)の最右列、j=1は中央列、j=2は最左列を示す。列方向に最短拘束長2Tが満足されない場合、ステ

29

ステップS23において使用可能フラグE(n)=0にする。列方向に 3×3 マトリクス・セルの符号値配列が最短拘束長2Tを満足している場合、ステップS25においてj=3になるまで反復したか否かをチェックし、j=3になるまでステップS21～S24の処理を反復する。

【0090】ステップS26～S27：合計使用可能数E_{total}の更新

ステップS25においてj=3の場合、符号値配列に連続性があるから、ステップS26において使用可能フラグE(n)=1にし、ステップS27において合計使用可能数E_{total}を更新する。

【0091】ステップS18～S19：判定終了

以上の処理をコード番号0の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列から、順次判定していき、コード番号が最終の511となったところで、最短拘束長2Tを満足する判定処理、すなわち、図31のステップS1に対応する処理を終了する。

【0092】以上の処理により、コード番号0～511について、図6(B)に図解した 3×3 マトリクス・セルで規定される符号値配列が最短拘束長2Tを満足し、さらに、横方向かつ縦方向において符号値が連続するコード番号の合計使用可能数E_{total}が算出される。本実施例では合計使用可能数E_{total}=101となる。

【0093】円周方向の接続可能性のチェック：L(m, n)

図33は、図31のステップS2に示した円周方向接続可能判定の詳細を示すフローチャートである。円周方向の接続可能性の対象となる符号値配列は、使用可能フラグE(n)=1のコード番号の符号値配列である。

【0094】ステップS31～S33：初期設定
初期値として、インデックスm, nおよび全ての円周方向接続可能フラグL(m, n)を0に初期設定する。

【0095】ステップS34：使用可能な符号値配列のチェック

使用可能フラグE(n)が0であるか否かをチェックする。E(n)=0あればそのコード番号の符号値配列は、横方向および縦方向に最短コード番号2Tを満足しない。その場合はステップS42に移行してコード番号nを1つ進め、次のコード番号の符号値配列についてチェックを行う。

【0096】ステップS35：初期化

使用可能フラグE(n)=1の場合、最短拘束長2Tを満足する符号値配列の円周方向の連続性のチェックを行うため、インデックスiを0に初期化する。

【0097】ステップS36～S41：円周方向の接続可能性チェック

円周方向で隣接するコード番号mの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列とコード番号nの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列との境界における符号値に接続可能か

50

30

否かは、隣接する符号値配列においても、最短拘束長2Tを満足するか否かがまず問題となる。その条件は、当該 3×3 マトリクス・セルの符号値配列に対して、円周方向に先行する位置で隣接するマトリクス・セルの接続部にあたるセルC(m, k+2)とセルC(n, k+1)との符号値が異なっており、さらに、対象としている 3×3 マトリクス・セルの外周部のセルの符号値と当該対象としている 3×3 マトリクス・セルの前後に位置する 3×3 マトリクス・セルの外周部のセルの符号値とが異なることである。逆に接続可能条件は下記になる。

(a) ステップS36において隣接するセルC(m, k+2)の符号値とセルC(n, k+1)の符号値とが一致していること、(b) ステップS37において同じ 3×3 マトリクス・セル内でセルC(m, k+1)の符号値とセルC(m, k+2)の符号値とが一致しており、さらに、ステップS38において隣の 3×3 マトリクス・セルでセルC(n, k)の符号値とセルC(n, k+1)の符号値とが一致していること。上記いずれかの判定により、光ディスク記録媒体の円周方向に隣接するコード番号mとコード番号nの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の境界において、最短拘束長2Tを満足し、接続可能であると認定されると、ステップS39に移行してインデックスiを更新し、全セルについて、i=9になるまで反復する(ステップS40)。i=9に到達したとき、ステップS41において円周方向接続可能フラグL(m, n)=1に設定し、光ディスク記録媒体の円周方向に隣接するコード番号mとコード番号nの符号値配列相互が接続可能であることを示す。

【0098】ステップS42～S43

以上の処理をコード番号n=512に到達するまで反復する。

【0099】ステップS44～45

以上の処理をコード番号m=512に到達するまで反復して、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内において二次元的に最短拘束長2Tを満足する符号値配列の全てについて、ある符号値配列と他の符号値配列とを隣接させた場合、隣接した符号値配列の接続部においても最短拘束長2Tを満足するものをチェックして、接続可能性のある符号値配列の組合せを求める。

【0100】ステップS46

使用可能フラグE(m)=1ならばステップS32から上記処理を反復し、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列自体について最短拘束長2Tを満足せずE(m)=0ならばステップS47において円周方向接続可能フラグL(m, n)=0として、ステップS44に移行してコード番号mを更新する。

【0101】以上の処理によって、全てのコード番号nについて、円周方向に先行するコード番号mを基準として、光ディスク記録媒体の円周方向について符号値配列

が接続可能か否かがチェックされた。その結果の1例を図14～図19に示した。円周方向接続可能フラグ $L(m, n) = 1$ ならば、先行する位置の符号値配列と、それに続く符号値配列とが円周方向に接続可能であることを示す。

【0102】半径方向の接続可能性のチェック：T(m, n)

図34は図31のステップS3に示した光ディスク記録媒体の半径方向に符号値が接続可能か否かをチェックする処理の詳細を示すフローチャートである。半径方向についても、使用可能フラグ $E(n) = 1$ で利用可能な符号値配列相互が半径方向に接続可能か否かを検査する。半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ の求め方は、方向が異なることを除いて、図24を参照して述べた円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ の求め方と基本的に同じである。したがって、図25においては、図24におけるインデックス*i*に代えて列インデックス*j*を用い、その更新を1つごと行い(ステップS59)、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ に代えて半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を更新する。

ステップS5.1～S5.3：初期設定

初期値として、インデックス*m, n*および全ての半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を0に初期設定する。

【0103】ステップS5.4：対象とする符号値配列の確認

使用可能フラグ $E(n) = 0$ であるか否かをチェックする。 $E(n) = 0$ あればここで処理の対象外である。その場合はステップS6.2に移行してコード番号*n*を1つ進め、次のコード番号についてチェックを行う。

【0104】ステップS5.5：列番号の初期化

使用可能フラグ $E(n) = 1$ の場合、半径方向の接続可能性をチェックするため、列インデックス*j*を0に初期化する。

【0105】ステップS5.6～S6.0：半径方向の接続可能性チェック

コード番号*n*の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列と、半径方向に先行する位置に隣接する 3×3 マトリクス・セルの符号値配列相互が最短コード番号2Tを満足し、接続可能か否かは下記の判定による。

(a) ステップS5.6において先行する位置にある隣接するマトリクスセル $C(m, j+6)$ の符号値と $C(n, j)$ との符号値が一致していること、(b) ステップS5.7で同じマトリクスセル内で $C(m, j+3)$ の符号値と $C(m, j+6)$ との符号値が一致しており、さらに、ステップS5.8で先行する隣のマトリクスセル内で $C(n, j)$ と $C(n, j+3)$ との符号値が一致していること。

【0106】ステップS5.9、S6.0

上記いずれかの判定により半径方向に先行する位置の隣接する符号値配列と接続可能性があると認定されると、

ステップS5.9に移行して列インデックス*j*を更新し、 $j = 3$ になるまで反復する(ステップS6.0)。

【0107】ステップS6.1

$j = 3$ に到達したとき、そのコード番号*n*の 3×3 マトリクス・セルの符号値と隣接するコード番号*m*の 3×3 マトリクス・セルの符号値とは半径方向に接続可能性があるから、ステップS6.1において半径方向接続可能フラグ $T(m, n) = 1$ に設定し半径方向に接続可能であることを示す。

【0108】ステップS6.2～6.3

以上の処理をコード番号*n = 512*に到達するまで反復する。

【0109】ステップS6.4～6.5

以上の処理をコード番号*m = 512*に到達するまで反復する。

【0110】ステップS6.6

使用可能フラグ $E(m) = 1$ ならばステップS5.2から上記処理を反復し、 $E(m) = 0$ ならばステップS6.7において半径方向接続可能フラグ $T(m, n) = 0$ として、ステップS6.4に移行してコード番号*m*を更新する。

【0111】以上の処理によって、全ての利用可能な符号値配列相互について、光ディスク記録媒体の半径方向について符号値配列相互が接続可能か否かがチェックされた。その結果の1例を図21～図26に示す。半径方向接続可能フラグ $T(m, n) = 1$ ならばそのコード番号*m*とコード番号*n*のマトリクス・セルの符号値配列相互が半径方向に接続可能であることを示している。

【0112】以上の処理によって、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内において二次元的に最短拘束長2Tを満足し、さらに、円周方向に隣接する符号値配列相互が接続可能であり、かつ、半径方向において隣接する符号値配列相互が接続可能であるものが検出される。このように、円周方向に接続可能な符号値配列相互、半径方向に接続可能な符号値配列相互を事前に求めておけば、実際の符号化の際、これら接続可能な符号値配列を選択できる。

【0113】S(n, i), M(n, i) の算出

図35は、図31のステップS4に示した、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ とパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ の求め方の詳細を示すフローチャートである。符号値配列を連続させたとき、二次元的RLLの条件として、本実施例においては、二次元的に最長拘束長16Tを満足するように符号化する。上述したように、最長拘束長16Tを検出する場合、ある段*k*の符号値配列が3個連続して同じ符号値である場合、 3×3 マトリクス・セルが最大4ブロック連続すると、 $3 \times 4 = 12$ 個、同じ符号値のものが連続し、5ブロック前の 3×3 マトリクス・セルの段*k*の符号値が3個連続していないとしても、2個のセルの符号値が同じ可能性が

ある。以上で14個同じ符号値が連続する可能性がある。そして、現在の位置の 3×3 マトリクス・セルの段kの符号値が最大2個連続して同じ場合、最長拘束長16Tとなる。このような最長拘束長の検出には、ある 3×3 マトリクス・セルのある段kの符号値配列が3個連続しているか否かを、実際に光ディスク記録媒体から隣接する位置の記憶データを読み出すことなく、かつ、そのために大きなメモリを準備してその保存をすることなく、可能にし、かつ、迅速に判断できる指標をコード番号ごとあるはい符号値配列ごと、パターン内連続スペースフラグS(n, j)とパターン内連続マークフラグM(n, j)を事前に調査しておき、最長拘束長16Tを検出するために用いる(図37、ステップS108, S109および図41、ステップS164を参照)。本実施例では、光学ヘッドの数などにより自ずと最大拘束長が制限されていて強いて制限する必要がないから、光ディスク記録媒体の円周方向にのみ最長拘束長の判断を行う。したがって、円周方向についてのみ、 3×3 マトリクス・セルの符号値配列内で3個連続した符号値があるか否かを事前に検査して、符号化する。符号化した結果を、パターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)という。パターン内連続スペースフラグS(n, j)=1は、コード番号nの符号値配列における列j方向(すなわち、円周方向)の符号値についてスペース(符号値0)が3個連続していることを示す。S(n, j)=0は列j方向における符号値についてスペースが3個連続していないことを示す。パターン内連続マークフラグM(n, j)=1は、コード番号nの符号値配列における列j方向の符号値についてマーク(符号値1)が3個連続していることを示す。M(n, j)=0は列j方向における符号値についてマークが3個連続していないことを示す。

【0114】図35において、コード番号n=0~511について、下記処理を行う。ステップS71においてコード番号nの初期化処理、S72において列インデックスjの初期設定を行う。ステップS73およびS74においてマトリクス・セルの符号値をチェックして、隣接する符号値が一致していないときは、ステップS78においてパターン内連続スペースフラグS(n, j)=0、パターン内連続マークフラグM(n, j)=0にする。ステップS73およびS74においてマトリクス・セルの符号値をチェックして隣接するセルの符号値*

$$n = N(a)$$

【0118】ステップS88において選択順位aをクリア(0にセット)した後、ステップS89~S93においてコード番号n=0から順に仮総接続可能フラグX'(n)の最大値X_{max}を検索し、その最大値のコード番号nをN(a)とする。

【0119】仮総接続可能フラグX'(n)の最大値X

*が一致しているときは、(a)ステップS75においてC(n, 3j)の符号値=0ならば、ステップS76においてパターン内連続スペースフラグS(n, j)=1に設定し、パターン内連続マークフラグM(n, j)=0に設定し、(b)ステップS75においてC(n, 3j)の符号値=1ならば、ステップS77においてパターン内連続スペースフラグS(n, j)=0を設定し、パターン内連続マークフラグM(n, j)=1に設定する。以上のごとく算出した結果の例を、図11(A)、(B)および図12(A)、(B)に示す。

【0115】パターン選定順位決定

図36は図31のステップS5に示し処理の詳細をフローチャートである。以上の処理結果によって、利用可能な符号値配列、光ディスク記録媒体の円周方向、半径方向の両方向で接続可能な符号値配列が判るが、さらに、接続可能性の高い順序を事前に決めておく。このようにして求めた結果を、選択順位aという。図36に示した処理においては、選択順位aを決めるため円周方向、半径方向の両方向の接続可能フラグの総和である総接続可能フラグX(n)を求める。

【0116】図36のステップS81、S82においてn=0, m=0および総接続可能フラグX(n)=0にする。ステップS83において、後行するコード番号nの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列に対し先行するコード番号mの 3×3 マトリクス・セルの符号値配列がそれぞれ接続可能であることを円周方向接続可能フラグL(m, n)=1およびその逆の位置関係のL(n, m)=1、半径方向接続可能フラグT(m, n)=1およびその逆の位置関係のT(n, m)=1をコード番号mを変化させながら加えていき、総接続可能フラグX(n)を求める。総接続可能フラグX(n)が求められた後、ステップS86において選択順位決定用にX'(n)=X(n)とおく。今後、総接続可能フラグX(n)を使用するが、選択順位決定時に値を変化させるため仮総接続可能フラグX'(n)を設けている。次に、総接続可能フラグX(n)からコード番号nが選択順位の何番目に位置するかを決める。実際に使用するのは仮総接続可能フラグX'(n)である。選択時の選択順位をaを表す。コード番号nと選択順位aとは次式で表される。

【0117】

... (3)

maxが求まると、ステップS91においてX_{max}=X'(N(a))にし、ステップS94においてX'(N(a))=0とし、ステップS95において選択順位aを更新して、再びステップS89から仮総接続可能フラグX'(n)の最大値X_{max}を検索する。選択順位aが総使用可能コード数E_{total}になるまで以上の処理

を行う（ステップS96）。以上により、コード番号に対応する符号値配列の選択順位aが決定される。図27(A)～(C)～図30(A)～(C)などのおけるコード番号はこの選択順位aに従って並んでいる。

【0120】以上のパターン選定順位決定処理によって得られた結果は、下記に述べる、記録パターン選択処理および記録パターン再生処理に利用される。

【0121】記録パターン選択処理

次いで、本発明の二次元RLL符号化方法における記録パターン選択処理について述べる。図37は記録データのパターン選択処理を示す。

【0122】図37は、符号化処理単位データq(i d (q))を光ディスク記録媒体の位置(f, g)に記録するときの記録符号値配列の選択方法を示すフローチャートである。fは光ディスク記録媒体の円周方向の位置を示し、gは光ディスク記録媒体の半径方向の位置を示す。

【0123】ステップS101：記録データの入力（指定）

記録用原データi d (q)として実際の値が入力されると、たとえば、i d (q)は32ビットのデータ、このデータi d (q)を、4ビットの符号化処理単位データq(q=0～15)に区分し、以下の処理を行う。以下の処理単位は、符号化処理単位データqごとであり、その処理を8回反復する。しかしながら、以下の処理は、記述の簡略化のため、符号化処理単位データqについて1回のみ、あるいは、便宜上、原データi d (q)について処理を行うと仮定して述べる。なお、記録用原データi d (q)とともに、光ディスク記録媒体に記憶すべき二次元位置(f, g)も指定される。fは光ディスク記録媒体の円周方向（横方向）の位置であり、gは半径方向（縦方向）の位置である。

【0124】ステップS102、S103

実際の記録用原データi d (q)に対する符号化処理単位データqの符号化データは、光ディスク記録媒体の位置(f, g)の周囲の符号値配列（データパターン）にも依存する。したがって、ステップS102において、既に光ディスク記録媒体に既に記憶されている、または、光ディスク記録媒体に記憶する前に所定のメモリに一次的に蓄積してある、光ディスク記録媒体上の二次元方向の隣接する2つの位置(f, g-1)と(f-1, g)の符号値配列（データパターン）DP⁻¹(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)を参照する。位置(f, g-1)は半径方向に隣接し先行する位置を示し、(f-1, g)は円周方向に隣接し先行する位置を示す。DP⁻¹(f, g-1)は、位置(f, g-1)における符号値配列（データパターン）を示す。ステップS103において、本実施例においては同じ符号値が最長16T以上には連続しないという最長拘束長で拘束するため、すでに、5ブロックの3×3マトリクス・セルの符号値配

列が、符号値1（マーク）が連続しているか、あるいは符号値0（スペース）が連続しているかを、マトリクス・セルの段kについてチェックする。

【0125】ステップS104：判定条件の付加

ステップS105において原データi d (q)の符号化処理単位データqに対応する符号値配列の判定を行うが、4ブロックの3×3マトリクス・セルの符号値配列が符号値1（マーク）が連続しているあるいは符号値0（スペース）が連続している段kがあれば、5ブロックにわたって同じ符号値が連続して接続している可能性があるので、ステップS104において、事前に求めた、パターン内連続スペースフラグS(n, k)またはパターン内連続マークフラグM(n, k)をステップS105における判定条件に加えられるように設定する。

【0126】ステップS105～S107、S111：データパターンの決定

ステップS105において、位置(f, g)に隣接する位置(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)のデータパターンDP⁻¹(f, g-1)、DP⁻¹(f-1, g)を参照して接続可能な符号値配列（コード番号）を順次検索していく。ステップS106において原データi d (q)の符号化処理単位データq(i d (q))についての符号値配列について接続可能な該当する符号値配列があるか否かをチェックし、該当する符号値配列が存在したときは、ステップS107においてコード番号nについて検索された符号化データパターン（コード番号）CP(n)を選択パターンDP(f, g)として決定する。その後、ステップS111において、全ての原データi d (q)について処理したか否かをチェックする。

【0127】ステップS106、S108～S110、S111：符号値配列の決定

ステップS106において実際の原データi d (q)の符号化処理単位データqに対する該当する符号値配列が存在しないと判定されたときは、その符号化処理単位データqに対して適切な符号値配列を当てはめることができないので、ステップS108において、暫定的に、最後の符号値配列を選択して光ディスク記録媒体の位置(f, g)に記録するものとして、ステップS109において次の位置(f+1, g)に続けて符号値配列の選択処理を行い、ステップS110において暫定的にコードパターンCP(n)を選択パターンDP(f+1, g)として決定する。以上のように、該当する適切な符号値配列が得られない場合には、光ディスク記録媒体の指定された位置(f, g)には選択可能な最後のコード番号に対応する符号値配列を暫定的に決定し、最後のコード番号のつぎのコード番号から選択可能な符号値配列を決定し、その結果を位置(f, g)に対して円周方向の隣に位置(f+1, g)に記憶するようとする。すなわち、1つの原データi d (q)（符号化処理単位データq）に対して、1の符号値配列が指定された位置

(f, g) に記憶できるときもあるが、2つの符号値配列を指定された位置 (f, g) と円周方向に隣接する位置 (f+1, g) に記憶するようになる。なお、本実施例においては、2番目の符号値配列情報を円周方向の隣接する位置 (f+1, g) に統けて記憶する例を示したが、事前の規則によって、2番目の符号値配列情報を半径方向に隣接した位置に統けて記憶してもよい。あるいは、自由に指定し、その指定に従って方向に隣接させることもできる。以上の処理を最終データに到達するまで反復する(ステップS111)。

【0128】図38～図40は図37に示した記録パターン選択の詳細処理を示すフローチャートである。図38～図40は連続している処理を図解の関係で分割して図解したものである。以下、図38～図40の処理の要点を述べる。この例は、符号化処理単位データqについて最大データ数 q_{max} 個の連続した記録データの記録パターン選択方法を示している。

【0129】ステップS121

ステップS121において、初期設定として、光ディスク記録媒体の記録位置 (f, g) = (0, 0) とする。

【0130】ステップS122～S125

符号値0(スペース)が連続しているパターン数を示すスペース連続フラグSL(k)の全てと、符号値1(マーク)が連続しているパターン数を示すマーク連続フラグML(k)の全てをクリア(0にセット)する。

【0131】ステップS126～S129

ステップS126において初期設定として検索数cを0にセットする。ステップS127においてスペース連続フラグSL(0)、SL(1)またはSL(2)のいずれかが3ブロックであるか、または、マーク連続フラグML(0)、ML(1)またはML(2)が3を示しているかをチェックする。これらのSL(k)またはML(k)が4を示すときは符号値0(スペース)または符号値1(マーク)が9～12個連続しているので、検索条件にそれ以上は連続していないことを追加する必要がある。よって、SL(k)またはML(k)のいずれかが3であるときは、ステップS128において次なる検索条件に同じ符号値が連続していないことを加える連続最長フラグTLFを1にセットする。ステップS127においてSL(k)またはML(k)のいずれかが4でないときはステップS129において連続最長フラグT*

$$\begin{aligned} D(a) &= (L(P^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続} \\ &\quad \& (T(P^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続} \\ &\quad \& (LF(a) = 0) \cdots \text{連続接続} \\ &\quad \cdots (4) \end{aligned}$$

【0138】ステップS133

上記3つの条件を満足したコード番号N(a)が得られると、ステップS133において符号化処理単位データq+1(原データid(q)+1)が検索数cとが同じであるか判定する。

*LFを0にセットする。以下、図39の処理に続く。

【0132】図39、ステップS130

初期値として、選択順位aを0にし連続条件判定式LF(a)を0にする。

【0133】ステップS131

連続最長フラグTLFをチェックする。TLFが1の場合は、図31の処理に移行し連続条件判定LF(a)に判定条件を付け加える。

【0134】図40、ステップS152、ステップS1

10 53～S155、S154～S156、S157～S158

TLFが1の場合は、ステップS152において段インデックスkを0に設定した後、ステップS153～S158において、どの段kのスペース連続フラグSL(k)またはマーク連続フラグML(k)が3を示しているかチェックし(ステップS153、S155)、SL(k)またはML(k)が3である段kのパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)を連続条件判定式LF(a)を追加する(ステップS154、S156)。全ての段でこの処理を終えると(ステップS157～S158)、図39のステップS132の処理に移行する。

【0135】更新された連続条件判定式LF(a)は、次に来るコード番号の判定すべき3×3マトリクス・セルの符号値配列の段kに連続してはいけないパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)に1が立っていると、使用不可を示す0以外になり、そのコード番号を選択の対象から排除する。

【0136】図39、ステップS132

下記式4で規定される判定式D(a)の値が真(TRUE)、すなわち、D(a)=1であるとき、コードN(a)は選択可能コードとなる。下記式において記号&は論理積(AND)を示す。下記判定式は、符号化処理単位データqに対して選択される符号値配列とそれに対応するコード番号n(これをN(a)として示す)としては、円周方向接続条件、半径方向接続条件および連続接続条件の3つの条件が同時に満足されなければならないことを規定している。

【0137】

40

$$\begin{aligned} D(a) &= (L(P^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続} \\ &\quad \& (T(P^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続} \\ &\quad \& (LF(a) = 0) \cdots \text{連続接続} \\ &\quad \cdots (4) \end{aligned}$$

【0139】ステップS139～S140

q+1(原データid(q)+1)が検索数cと同じであれば、ステップS139において検索数c=0にクリアし、データ数qを更新し、ステップS140において50 コードパターン(選択コード番号)CP(n)を位置

(f , g) におけるデータパターン DP (f , g) にする。

【0140】ステップ S134、S135～S136、S137

ステップ S133 における、 $q+1$ (原データ i_d (q) +1) が検索数 c より大きいと判定された場合は、暫定的に、ステップ S134 において現在検索されたコード N (a) をコード番号 n に保持しておき、ステップ S135～S136 において検索数 c が 16 (符号化処理単位データ $q=0 \sim 15$ 以上の数字) の場合を除きステップ S137 の処理に移行して次のコード番号の検索 (選択) に入る。

【0141】ステップ S139、S140

ステップ S136 におけるチェックで検索数 $c=16$ の場合は、ステップ S139 において $q=q+1$ としデータを更新し、検索数 c をクリアし (0 にセットする)、ステップ S140 において位置 (f , g) のデータパターン (符号値配列) DP (f , g) をコードパターン CP (n) にする。

【0142】ステップ S138、S140

適切な符号値配列 (データパターン) に対応するコード番号 N (a) が決定するまで上記検索が続けられるが、ステップ S138 において、選択順位 a が総使用可能コード数 E_{total} を越えると、該当するコード番号に対応する適切な符号値配列がないことになる。その場合は、ステップ S140 に移行して、暫定的に、最後に検索されたコード番号を光ディスク記録媒体の指定位置 (f , g) に記録し、円周方向の次の位置 ($f+1$, g) に選択符号値配列を記録する。該当するコード番号がない場合は、符号値 (データ) の更新及び検索数 c のクリアを行わない。このような処理を行うことにより、符号化処理単位データ q (i_d (q)) = 15 でない限り、最終の検索コードは、次の符号値配列決定の受渡しに使われる所以、再生時の誤検出はなくなる。

【0143】ステップ S143～S151

記録用原データ i_d (q) の符号化処理単位データ q に対応する適切な符号値配列が選択されると、図 39 のステップ S143～S151 において最長拘束長のためのチェックが行われる。各列 j ごとに符号値 0 (スペース) および符号値 1 (マーク) の連続性がチェックされ、パターン内連続スペースフラグ S (n , j) が 0 の時にはスペース連続フラグ SL (j) はクリアされ、S (n , j) = 1 の場合は SL (k) に 1 が加えられる。同様に、パターン内連続マークフラグ M (n , k) が 0 の時にはマーク連続フラグ MJ (k) はクリアされ、M (n , k) = 1 の場合は MJ (k) に 1 が加えられる。図 38、ステップ S127、S128 または S129 符号値配列の全ての段 k についてチェックが終わると、図 38 のステップ S127 の判定処理に飛び、ステップ S128 または S129 における連続最大フラグ TLF

のセットに再び入る。

【0144】図 39、ステップ S142

以上のループ処理を繰り返しながら、図 39 のステップ S142 においてデータ数 q が最大数 q_{max} と到達したところで、パターン選定順位決定の処理を終了する。

【0145】上記パターン選定順位決定処理および記録パターン選択処理に従って得られたパターン選択例を図 27 (A) ~ (C) ~ 図 30 (A) ~ (C) を参照して述べる。図 27 (A) は光ディスク記録媒体の位置

(f , g) に記録用原データ i_d (q) (または符号化処理単位データ $q=2$) を符号化して記憶する場合、記憶位置 (f , g) の円周方向に手前の (先行する) 位置

($f-1$, g) のコード番号が 447 で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の (先行する) 位置 (f , $g-1$) のコード番号が 64 である場合の、符号化処理単位データ $q=2$ に対応する符号値配列とそれに対応するコード番号を選択する例を示す図表である。コード番号 N (a) は上述したパターン選定順位決定方法によって求めた選択順位 a に従って接続可能性の高い順序に並んで

いる。コード番号 N (a) に対して円周方向接続可能フラグ L (m , n) = L (447, n) と半径方向接続可能フラグ T (m , n) = T (64, n) とを計算し、その両方の論理積 (AND) をとった条件式 D (a) を得た。フラグ L (447, n) は図 14～図 19 に例示したもの、フラグ T (64, n) は図 21～図 26 に例示したものに基づいている。図 27 (A) に示した、コード番号 $n=64$ について考察すると、図 14 に示したとおり円周方向接続可能フラグ L (447, 64) = 1 であるから円周方向には接続可能であるが、図 21 に示したとおり半径方向接続可能フラグ T (64, 64) = 0 であるから半径方向には接続できない。したがって、判定式 D (a) = 0 となり、コード番号 $n=64$ は使用できない。

【0146】円周方向接続可能フラグ L (447, n) と半径方向接続可能フラグ T (64, n) が共に 1 であり判定式 D (a) = 1 であるコード番号とそれに対応する符号化処理単位データ q (i_d (q)) の値を、図 27 (A) の図表の上から順に検索していくと、下記になる。

【0147】 i_d (q) = 0 のときは N (a) = 0

i_d (q) = 1 のときは N (a) = 255

i_d (q) = 2 のときは N (a) = 1

すなわち、この例では、原データ i_d (q) = 2 ($q=2$) のとき選択されるコード番号 N (a) は 1 となる。したがって、コードパターン CP (n) を 1 にする。なお、コード番号 N (a) = 1 に対応する符号配列は、図 9 に図解されており、3 × 3 マトリクス・セルの LSB のみ符号値 1 である。

【0148】図 27 (A) には、L (447, n) =

1, T (64, a) = 1 かつ D (a) = 1 であるパター

ン数（コード番号）が19個ある。したがって、0～15の16個の原データ $i_d(q)$ （符号化処理単位データ q ）に対しコード番号 $N(a)$ を割り当てることができる。図27(A)においては19個の利用可能なコード番号 $N(a)$ のうち、接続可能性の高い上位から16個を使用する。

【0149】図27(B)は、光ディスク記録媒体の位置 (f, g) に原データ $i_d(q) = 10$ ($q = 10$) を記憶するとき、円周方向に先行する（手前の）位置 $(f-1, g)$ のコード番号が4であり、半径方向の先行する（手前の）位置 $(f, g-1)$ のコード番号が0のとき、符号化処理単位データ $q = 10$ に対応するコード番号（符号値配列）を選択する例を示した図表である。図27(B)に示した例は光ディスク記録媒体の円周方向において連続しているという制限は課していない。半径方向には、上述したとおり、最長拘束長の制約を課していない。この例において、判定式 $D(a) = 1$ である選択可能なパターンは35個ある。したがって、原データ $i_d(q) = 0 \sim 15$ ($q = 0 \sim 15$) の16個の全てに対しコード番号 $N(a)$ を割り当てることができる。この例では、原データ $i_d(q) = 10$ のときコード番号 $N(a)$ は127になる。コード番号127の実際の符号値配列は図9に示されている。

【0150】図27(C)は図27(B)と同様、光ディスク記録媒体の位置 (f, g) に記録用原データ $i_d(q) = 10$ ($q = 10$) を符号化して記憶するとき、円周方向に先行する位置 $(f-1, g)$ のコード番号が4で($L(4, n)$)、半径方向の手前の位置 $(f, g-1)$ のコード番号が0の時、原データ $i_d(q) = 10$ に対応する符号値配列（コード番号）の選択例を示す図表である。なお、一般的に位置 (f, g) といつても、図27(C)の位置と図27(B)の位置とは実際の数値は異なる。また、図27(C)に示した例は、図27(B)の例と異なり、光ディスク記録媒体の円周方向において同じ符号値が連続しているという制限を課している。この図表の下に、位置 (f, g) に対して、円周方向の一つ前の位置 $(f-1, g)$ の 3×3 マトリクス・セルの符号値配列のパターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ とパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ が表示されている。先行する位置のコード番号が4の場合は、図9を参照すると、 $S(4, 0) = 0$ 、 $S(4, 1) = 1$ 、 $S(4, 0) = 1$ である。 3×3 マトリクス・セルの上段である $k = 0$ で、スペースが3個連続していくパターン内連続スペースフラグ $S(n, k) = 1$ の場合は、フラグ $S(n, 0)$ が判定条件式 $D(a)$ に加わることになる。この場合は、原データ $i_d(q) = 10$ ($q = 10$) のコード番号は79になる。同じ原データ $i_d(q) = 10$ でも、図27(B)に示した制限のない場合とはコード番号=127であったが、この例ではコード番号=79であり、状況によって

対応するコード番号（符号値配列）は異なる結果となる。

【0151】このように、符号値の連続に対する制限のある場合と制限がない場合とでは、同じ原データ $i_d(q)$ に対して選択される符号値配列、すなわち、コード番号は異なる。換言すれば、本発明の二次元RLL符号化方法においては、原データ $i_d(q)$ によって一義的には符号値配列（コード番号）は決まらず、原データ $i_d(q)$ の値および記憶位置 (f, g) とその隣接する符号値配列によって、求めるべき符号値配列、すなわち、コード番号が決定される。

【0152】図29(A)は光ディスク記録媒体への記録位置 (f, g) に対して、円周方向に先行する位置 $(f-1, g)$ のコード番号が94で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の位置 $(f, g-1)$ のコード番号が76の場合に、記録用原データ $i_d(q) = 5$ ($q = 5$) を符号化して記憶する場合の選択例を示す図表である。図29(A)において選択可能なコード番号の数（符号値配列の数）は13個しかなく、16個全ての記録用原データ $i_d(q)$ の選択には使用できないが、この例は、原データ $i_d(q) = 5$ なので選択でき、コード番号として265を選択できる。しかしながら、原データ $i_d(q) = 15$ などについては、選択できないから、特別の処理が必要になる。その例を下記に述べる。

【0153】図29(B)は、図29(A)と同様、光ディスク記録媒体のデータ記憶位置 (f, g) に対して円周方向に先行する位置 $(f-1, g)$ のコード番号が94で、光ディスク記録媒体の半径方向の手前の位置 $(f, g-1)$ のコード番号が76の場合に、記録用原データ $i_d(q) = 15$ ($q = 15$) を符号化するときのコード番号の選択例を示す図表である。図29(B)に示した例の選択可能パターン数は、図29(A)に示した例と同様、13個である。したがって、原データ $i_d(q) = 13, 14, 15$ に対応する符号値配列は選択できない。選択可能な最後のコード番号=307は本来、原データ $i_d(q) = 12$ に対応する符号値配列のコード番号に使用すべきであるが、本実施例においては、選択できないコード番号のため暫定的なコード番号として最後のコード番号を使用する（図表では、それをDと表記している）。そこで、原データ $i_d(q)$ が12、13、14または15の場合は、位置 (f, g) のコード番号は、暫定的に図表の最後の検索コード307とする。さらに、原データ $i_d(q) = 15 - 11 = 4$ （このデータを残りの原データ $i_d(q')$ という）に該当する符号値配列を選択して、記録位置 (f, g) と隣接する位置 $(f+1, g)$ に記録させる。すなわち、判定式 $D(a) = 1$ を満足する符号値配列（コード番号）が不足する時は、位置 (f, g) と隣接する位置 $(f+1, g)$ に該当する符号値配列を選択する。残りの原データ

$i_d(q)'$ に対応する符号値配列を選択する詳細な処理は、図37のステップS106、S108、S109、S110を参照して述べた。その選択例を図29(C)に示す。

【0154】光ディスク記録媒体の指定記録位置 (f, g) のコード番号は図29(B)示したように、307である。残りの原データ $i_d(q)' = 15 - 11 = 4$ に対応する符号値配列の選択において、指定記録位置 (f, g) を円周方向の先行する位置 ($f-1, g$) として扱い、先行するその位置に記録される符号値配列は、上記コード番号307に対応する符号値配列であると仮定する。図29(C)に例示したように、指定位置 (f, g) と隣接する新たな記録位置と半径方向で先行する位置 ($f+1, g-1$) のコード番号は319である。図29(C)の判定式 $D(a) = 1$ であるコード番号を順に検索して、残りの原データ $i_d(q)' = 4$ に対応する4番目のものを選択する。この例では、対応するコード番号N(a)は64である。

【0155】以上のように、原データ $i_d(q) = 15$ を符号化して位置 (f, g) に記録すべきとき、判定式 $D(a) = 1$ を満足するコード番号が不足した場合、位置 (f, g) にコード番号317の符号値配列、および、位置 (f, g) に隣接する位置 ($f+1, g$) にコード番号64の符号値配列が記録される。状態によっては、2つ連続する位置だけでなく、さらに隣接する位置に符号値配列を拡大する可能性もある。

【0156】記録データの再生(復号)方法

本発明の記録パターン復号(再生)方法について述べる。

【0157】図41はデータ再生方法の全体処理を示すフローチャートであり、図42～図44は図41に示した処理の詳細を示すフローチャートである。まず、図41を参照してデータ再生方法の処理を述べる。

【0158】ステップS161：再生位置 (f, g) の入力

符号値配列を読みだし再生すべきデータの位置 (f, g) が入力される。

【0159】ステップS162：隣接位置の符号値配列の参照

上述したように、位置 (f, g) の符号値配列のみでは原データは判らないから、円周方向の隣接する先行する位置 ($f-1, g$) の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ 、および半径方向の隣接する位置 ($f, g-1$) の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ を読み出して、これらを位置 (f, g) における原データの算出に使用する。なお、再生処理が連続して行われているときは、上記半径方向の先行位置の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ 、および半径方向の先行位置の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ はすでに得られており、再生装置のメモリなどに記憶されている場合が多いから、その都度、光

ディスク記録媒体から読み出すことなく、メモリに保存している先行する位置のデータを用いることができる。

【0160】ステップS163：同じ符号値が12個連続するか否かのチェック

3×3マトリクス・セルの符号値配列のある列または段について、最長拘束長を判定するため、4ブロック、合計12セル、同じ符号値が連続しているか否かをチェックする。要求されている再生処理が、同じ符号値が12個連続して存在する可能性のある位置における再生のとき、ステップS164の処理に移る。同じ符号値が12個連続して存在しない場合はステップS165の処理に移行する。

【0161】ステップS164：判定条件付加

同じ符号値が連続して12個 (3×3マトリクス・セルが4ブロック) 存在する可能性のある位置における再生のとき、ステップS165において行う円周方向について連続パターン禁止を示す連続条件判定式 $L_F(a)$ に、パターン内連続スペースフラグ $S(n, k)$ またはパターン内連続マークフラグ $M(n, k)$ を付加できるようにする。

【0162】ステップS165：該当する符号化パターンの検索

半径方向の隣接位置 ($f, g-1$) の符号化データ $DP^{-1}(f, g-1)$ と、円周方向の隣接位置 ($f-1, g$) の符号化データ $DP^{-1}(f-1, g)$ から接続可能な符号値配列に該当するコード番号N(a)を順次、検索していく。再生された符号値配列と検索された符号値配列が一致したならば、そのときの検索数cを再生データとして出力する。

【0163】ステップS166：最終パターンのチェック

再生された符号値配列(コード番号)が検索された最終符号値配列(最終コード番号)であるか否かをチェックし、最終ならば、ステップS167の処理に移行する。

【0164】ステップS167、S168

再生された符号値配列(データパターン)が検索された最終であるとき、ステップS167において円周方向に隣接する次の位置 ($f+1, g$) の符号化データ $DP(f+1, g)$ の読み取り処理を行い、ステップS168においてこの再生パターンの検索を上記同様に行う。

【0165】ステップS169：再生データの決定

再生した符号値配列(コード番号)と検索された符号値配列(コード番号)が一致したところで、そのときの検索数cを再生データ $r_d(q)$ として出力する。この再生データ $r_d(q)$ は、原データ $i_d(q)$ に対応している。

【0166】ステップS170：再生終了処理

以上の処理を再生終了まで反復する。

【0167】図42～図44は円周方向位置 f について最終再生位置 f_{end} までの連続した記録パターンの再生

の詳細を示すフローチャートである。図42～図44は一連の処理を示すフローチャートであるが、図解の関係で分割して図解している。図42～図44を参照して図41に示した二次元RLL復号化方法の詳細な処理を述べる。

【0168】図42、ステップS181、S182
初期設定として、位置(f, g) = (0, 0)、列インデックスj = 0にする。

【0169】ステップS183～S185
スペース(符号値0)が連続している数を示すスペース連続フラグSL(j)と、マーク(符号値1)が連続している数を示すマーク連続フラグML(k)を全ての列についてクリアする(0にセット)。

【0170】ステップS186
検索数cを0に初期化し、円周方向位置fも0に初期化する。

【0171】ステップS187～S189
再生パターン(再生符号値)の連続性のチェックを行う。すなわち、同じ符号値の連続して12個以上存在するか否かをチェックするため、スペース連続フラグSL(k)またはマーク連続フラグML(k)が連続して3個続いているものが3を示しているかをチェックする。SL(k)=3またはML(k)=3のときはスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が、3×3マトリクス・セルのある列または段について、3×(3個～4個)=9～12個連続しているので、最大拘束長の観点から、検索条件に連続していないことを追加する必要がある。SL(k)=3またはML(k)=3のときは、ステップS187において、次の検索条件に連続していないことを加える連続最大フラグTLF=1にセッ*

$$\begin{aligned} D(a) &= (L(DP^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続} \\ &\& (T(DP^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続} \\ &\& (LF(a) = 0) \end{aligned}$$

【0177】連続条件判定式LF(a)は、光ディスク記録媒体へのデータ記録時と同様、次にくるコードの判定すべき段kに連続してはいけないパターン内連続スペースフラグS(a, k)またはパターン内連続マークフラグM(a, k)に1が設定されていると、使用不可を示す0以外になり、そのコード番号を排除する。判定式D(a)が正しいときはコードN(a)は選択可能コードとなる。

【0178】ステップS214
ステップS213における判定によって判定式D'(a)=1となるコード番号N(a)が得られると、ステップS214において再生すべき位置(f, g)の符号化データDP(f, g)とコード番号N(a)の符号化パターンデータCP(n)とが一致しているか否かをチェックする。

【0179】ステップS215～S216
再生パターンDP(f, g)とコードN(a)のコード

*トする。SL(k)=3でもなく、ML(k)=3でもないときは、連続最長フラグTLFを0にする。これらの処理の後は、図43に図解の処理に移行する。

【0172】図43、ステップS211

選択順位a=0、連続条件判定式LF(a)=0にする。

【0173】ステップS212

連続条件判定式LF(a)をチェックする。連続最大フラグTLFが1の場合は図44の処理に飛ぶ。

【0174】図44、ステップS231～S237

これらの処理においては、スペース連続フラグSL(k)の値に応じて連続条件判定式LF(a)に判定条件としてパターン内連続スペースフラグS(a, k)を加え(ステップS232、S233)、同様に、マーク連続フラグML(k)の値に応じて連続条件判定式LF(a)に判定条件としてパターン内連続マークフラグM(a, k)を付け加える(ステップS234、S235)。すなわち、どの段のスペース連続フラグSL(k)またはマーク連続フラグML(k)が3を示しているかチェックし、SL(k)またはML(k)が3となっている段kのパターン内連続スペースフラグS(a, k)およびパターン内連続マークフラグM(a, k)を、連続条件判定式LF(a)に追加する。全ての段でこの操作を終えると(ステップS237)、図43のステップS213の処理に移行する。

【0175】図43、ステップS213

式4として規定した判定式D(a)=1となる下記条件に合致しているか否かをチェックする。下記条件は、記録のときの条件と同じである。

【0176】

$D(a) = (L(DP^{-1}(f-1, g), N(a)) = 1) \cdots \text{円周方向接続}$
 $\& (T(DP^{-1}(f, g-1), N(a)) = 1) \cdots \text{半径方向接続}$
 $\& (LF(a) = 0) \cdots \text{連続接続}$

パターンCP(n)(N(a))とが等しくないときは、ステップS215において検索数cが更新され、ステップS216において選択順位aを更新し、両者のパターンが一致するまでステップS213～S216のループ処理を反復する。

【0180】ステップS217～S222

40ステップS214において再生パターンDP(f, g)とコード番号N(a)のコードパターンCP(n)(N(a))とが一致していることが検出されると、ステップS217においてこのパターン(符号値配列)が検索できる最終パターンであるかチェックする。検索数cが15の場合は最終検索でも再生データとなるので、c=15はチェックせず、ステップS221において再生データrd(q)=15となる。検索数cが15でない場合は最終検索であるかチェックされるため、ステップS218において選択順位aを更新して、ステップS219において判定式D(a)-1を満足するものがあるか

否かが検索される。判定式D (a) が満足されてパターン(符号値配列)が一致したときは、ステップS 221において検索数cが再生データrd (q)として決定され、ステップS 222において検索数cをクリアし、再生データ数qを更新する。ステップS 219において、選択順位aが合計使用可能数Etotalに到達したか否かをチェックする。選択順位aが合計使用可能数Etotalに到達していないときは、ステップS 218～S 219の処理を反復する。

【0181】ステップS 219において一致した符号値配列(データパターン)が見つからぬうちに選択順位aが総使用可能コード数Etotalを越えると(ステップS 220)、一致した符号値配列は最終検索となるので、2つの位置にわたる記録処理として上述したように、再生位置も指定した1つの位置だけでなく、2つの位置になる。この場合、検索数cのクリアおよび再生データ

$$PL(k) = C(3k) + C(3k+1) + C(3k+2)$$

【0185】円周方向の総和PL(k)が0であればその段は全てスペース(符号値0)であり、PL(k)が3であればその段は全てマーク(符号値1)である。よって、ステップS 19.1における判定でパターン内連続スペースフラグPL(k)が0のときはステップS 19.2においてSL(k)に1が加えられ、PL(k)が0でない時にはステップS 19.3においてスペース連続フラグSL(k)はクリアされる。同様に、パターン内連続マークフラグPL(k)が3のときは、ステップS 19.5においてマーク連続フラグML(k)に1が加えられる。PL(k)が3でない時には、ステップS 19.6においてML(k)はクリアされる。

【0186】ステップS 19.9～S 20.0

円周方向位置fが更新され、ステップS 20.0において最終再生位置f_endか否かのチェックが行われ、fがf_endでなければ、ステップS 18.7以降の上記同様に次のパターンの一一致検索に入る。円周方向位置fが最終再生位置f_endであれば再生処理を終了する。

【0187】図45～図49に上述したパターン選定順位決定処理、記録パターン選択処理、および、記録パターン再生処理を行う装置の構成図を示す。

【0188】パターン選定順位決定処理装置

図45は光ディスク記録媒体に二次元的RLL符号化する前のパターン選定順位決定処理を示す装置の構成図である。パターン選定順位決定処理装置は図3.1および図3.2～図3.6を参照して述べたパターン選定順位決定処理を行なう。パターン選定順位決定処理装置において行なう処理は、通常、光ディスク記録媒体などの二次元的記録媒体に符号化データを記録する前に、事前に、全てのコード番号および全ての記録用原データid (q)=0～15(または符号化処理単位データq=0～15)について行い、このパターン選定順位決定処理装置で求

*一タ数qの更新を行わないまま、図42のステップS 19.0における次の再生パターンの一一致検索処理に移行する。

【0182】図42、ステップS 19.0

図42に示した符号値配列の一一致検索を終えた後、k=0にする。

【0183】ステップS 19.1～S 19.8

- 再生データパターンDP(f, g)について 3×3 マトリクス・セルの符号値配列の各段kごとにスペース(符号値0)の連続性(スペース連続フラグSL(k))およびマーク(符号値1)の連続性(マーク連続フラグML(k))をチェックする。再生データパターンDP(f, g)の各セルを、図6(B)に示したように規定すると、円周方向の再生パターンの総和PL(k)は次式で与えられる。

【0184】

... (5)

めた結果を、記録パターン選択などの処理に用いる。

- 【0189】パターン選定順位決定処理装置は、第1の検出装置1.0と記憶装置2.0とで構成されている。検出装置1.0は、パターン内1T検出手段1.1、パターン間円周方向接続検出手段1.2、パターン間半径方向接続検出手段1.3、パターン内連続検出手段1.4、パターン順位付け手段1.5および制御手段1.9を有する。検出装置1.0は本実施例においてはコンピュータで構成される。第1の検出装置1.0全体を1台のコンピュータで実現することもできるし、パターン内1T検出手段1.1～制御手段1.6のそれぞれを複数のマイクロコンピュータで処理させ、全体を結合した分散・統合システムとして構成することもできる。制御手段1.9は下記に述べる処理の他、パターン内1T検出手段1.1、パターン間円周方向接続検出手段1.2、パターン間半径方向接続検出手段1.3、パターン内連続検出手段1.4およびパターン順位付け手段1.5の全体制御を行う。

- 【0190】記憶装置2.0には、円周方向接続テーブル2.1、半径方向接続テーブル2.2、パターン内連続テーブル2.3およびコード順位対応テーブル2.4が設けられている。記憶装置2.0にはまた既入力パターンテーブル2.5が設けられ得る(図46参照)。円周方向接続テーブル2.1には、下記パターン選定順位決定処理によって得られる円周方向接続可能フラグL(m, n)が記憶される。半径方向接続テーブル2.2には、下記パターン選定順位決定処理によって得られる半径方向接続可能フラグT(m, n)が記憶される。パターン内連続テーブル2.3には、下記パターン選定順位決定処理によって得られるパターン内連続スペースフラグS(n, j)およびパターン内連続マークフラグM(n, j)が記憶される。コード順位対応テーブル2.4には、入力されるコード番号nおよび下記パターン選定順位決定処理によって

得られる選択順位 a が記憶される。

【0191】記憶装置20は、たとえば、32ビットの記録用原データ $i d (q)$ を、たとえば、4ビットの符号化処理単位データ q ごとに符号化処理して記憶しようとする対象の光ディスク記録媒体とは異なるコンピュータの記憶装置である。図解の例は記憶装置20が1つのメモリとして示されているが、たとえば、ランダムアクセスメモリ(RAM)、リードオンリーメモリ(ROM)、ハードディスク装置(HDD)など、または、これらを適宜組み合わせて構成される。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24に記憶されているデータは、パターン選定順位決定処理で符号化の前に予め算出できる固定データである。したがって、パターン選定順位決定処理として、全てのコード番号および符号値配列について、最短拘束長、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ 、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、選択順位 a 、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ を事前に求めておき、ROMに記憶しておくことができる。しかしながら、その後の記録パターン選択などにおいては、これらのテーブルの内容に関連するデータを、上記データとともに記憶することがあるから、ROMから一旦読み出してRAMまたはHDDまたはフラッシュメモリなどの不揮発性半導体メモリなどに写し代えて使用することができる。

【0192】以下、図45に示したパターン選定順位決定処理装置の動作を述べる。検出装置10にコード番号 n (0~511) が入力されると、パターン内1T検出手段11は、図31のステップS1に示した最短拘束長2Tの条件を満足する符号値配列を検出して使用可能フラグ $E(n)$ を求める。その詳細は図32に示したフローチャートの処理に従って、 3×3 マトリクス・セルにおける符号値(データ)配列のうち最短拘束長1Tのデータ配列を除き、使用可能フラグ $E(n)$ を求める。パターン内1T検出手段11において得られた使用可能フラグ $E(n)$ は、パターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13およびパターン内連続検出手段14に印加される。入力されたコード番号 n もパターン間円周方向接続検出手段12、パターン間半径方向接続検出手段13およびパターン内連続検出手段14に印加される。入力されたコード番号 n は制御手段16によって記憶装置20のコード順位対応テーブル24に記憶される。

【0193】パターン間円周方向接続検出手段12は、図31のステップS2の処理、すなわち、詳細は図23に図解した処理に基づいて、使用可能フラグ $E(n) = 1$ であるコード番号の符号値配列同士について、すなわち、最短拘束長2Tを満足する符号値配列同士について、光ディスク記録媒体の円周方向に接続可能なものを

10

検出して円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ を算出し、算出した $L(m, n)$ を円周方向接続テーブル21に記憶する。

【0194】パターン間半径方向接続検出手段13は、図31のステップS3の処理、すなわち、詳細を図34に図解した処理に基づいて、光ディスク記録媒体の半径(トラック)方向において接続可能なものを検出し、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ を算出して、半径方向接続テーブル22に記憶する。

10

【0195】パターン内連続検出手段14は、図31のステップS4の処理、すなわち、詳細を図35に図解した処理に従って、 3×3 マトリクス・セル内の符号値配列について円周方向において同じ符号値が連続する部分を検出し、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ を求めて、これら $S(n, j)$ と $M(n, j)$ をパターン内連続テーブル23に記憶する。これら $S(n, j)$ と $M(n, j)$ は、最長拘束長の判定に使用する。

20

【0196】パターン順位付け手段15は、円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ および半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ がパターン順位付け手段15を入力し、図31のステップS5の処理、すなわち、詳細を図36に図解した方法に基づいて、 $L(m, n)$ と $T(m, n)$ から総接続可能フラグ $X(n)$ を計算し、さらに仮総接続可能フラグ $X'(n)$ を計算し、選択順位 a を計算する。得られた選択順位 a はコード順位対応テーブル24に保管される。

20

【0197】上述したパターン選定順位決定処理装置で得られた種々の情報は、図27(A)~(C)~図30(A)~(C)に例示した情報として、後に詳述する記録パターン選択装置および記録パターン再生装置で使用される。上述したパターン選定順位決定処理を利用可能な全てのコード番号 n について行い、得られた円周方向接続可能フラグ $L(m, n)$ 、半径方向接続可能フラグ $T(m, n)$ 、パターン内連続スペースフラグ $S(n, j)$ およびパターン内連続マークフラグ $M(n, j)$ 、選択順位 a 、コード $N(a)$ を、一例を図27(A)~(C)~図30(A)~(C)に例示した情報として記憶装置20の対応するメモリ領域に記憶しておく。上記

40

パターン選定順位決定処理装置によって得られた、 $L(m, n)$ 、 $T(m, n)$ 、 $S(n, j)$ および $M(n, j)$ 、選択順位 a 、コード番号 $N(a)$ を、下記に述べる記録パターン選択および記録パターン再生に用いる。

【0198】記録パターン選択装置

図46および図47は記録パターン選択装置の構成図である。記録パターン選択装置は、図37および図38~図40に図解したフローチャートの処理を行う。図46に図解した記録パターン選択装置は、検出装置3.0と、記憶装置20とを有する。記憶装置20は図45に図解

50

したものと同じである。ただし、図46の記録パターン選択装置においては、記憶装置20に既入力パターンテーブル25が設けられている。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24に記憶されている情報は、パターン選定順位決定処理で事前に決定した固定の値であるから、これらのデータはROMに記憶しておくことができる。しかしながら、既入力パターンテーブル25の内容は、符号化の対象である記録用原データ*i d* (*q*) に応じて変化するから、たとえば、RAM等を用いることになる。その場合、記憶装置20と図解してはいるが、実際の記憶手段はテーブルの内容に応じて、ROMであったり、RAMであったりと、異なることがある。もちろん、記憶装置20をHDDまたはフラッシュメモリなどの不揮発性半導体メモリで構成した場合は全てのテーブルがHDDまたはフラッシュメモリに収容できる。

【0199】検出装置30は、データ記録位置保持手段31、接続可能パターン検出手段32、コードパターン変換手段33、スイッチング手段34、パターン間連続検出手段35および制御手段39を有しており、図28および図29～図31に図解したフローチャートの処理を行う。検出装置30は本実施例ではコンピュータで実現されている。

【0200】以下、検出装置30の動作を中心に述べる。光ディスク記録媒体に記録すべき符号化対象の原データ*i d* (*q*) (符号化処理単位データ*q* = 0～15の範囲) および記憶位置 (*f*, *g*) がデータ記録位置保持手段31に入力されると(図36、ステップS101)、データ記録位置保持手段31は記録位置 (*f*, *g*) を記憶装置20の既入力パターンテーブル25に記憶する。制御手段39は、その前に処理した位置 (*f*, *g*) と円周方向に隣接し先行する位置 (*f*-1, *g*) のデータパターン $DP^{-1}(f-1, g)$ および半径方向に隣接し先行する位置 (*f*, *g*-1) のデータパターン $DP^{-1}(f, g-1)$ を既入力パターンテーブル25から読み出して、円周方向接続テーブル21および半径方向接続テーブル22に格納する。制御手段39は、円周方向接続テーブル21から円周方向接続可能フラグL($DP^{-1}(f-1, g)$, *n*) と、半径方向接続テーブル22から半径方向接続可能フラグT($DP^{-1}(f, g-1)$, *n*) を読み出して接続可能パターン検出手段32に転送する。制御手段39はさらにコード順位対応テーブル24から選択順位*a*にコードN (*a*) を読み出して接続可能パターン検出手段32に転送する。

【0201】接続可能パターン検出手段32は、図28のステップS102の処理、すなわち、詳細を図29～図31に示す処理に従い、円周方向に隣接し先行する位置の円周方向接続可能フラグL($DP^{-1}(f-1, g)$, *n*)、半径方向に隣接先行する位置の半径方向接

続可能フラグT($DP^{-1}(f, g-1)$, *n*) および選択順にコードN (*a*) から記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ を選択する。接続可能パターン検出手段32は、選択した記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ を記録位置 (*f*, *g*) と共に既入力パターンテーブル25に記憶し、データパターン $DP^{-1}(f, g)$ をさらにコードパターン変換手段33とパターン間連続検出手段35に印加する。

【0202】パターン間連続検出手段35は、図37のステップS103～S105の処理、すなわち、図38～図40に示す処理に従い、スペース(符号値0)が 3×3 マトリクス・セルの符号値配列のある列または段において 3 データブロック分、すなわち、 3×3 セル=9セル連続しているか、または、マーク(符号値1)が 3×3 セル=9セル連続しているかという連続性のチェックをして(図37、ステップS103)、スペースまたはマークが 3 ブロック分連続しているときは、スイッチング手段34を図示実線の位置から破線の位置に切替えてパターン内連続テーブル23からパターン内連続スペースフラグS (*N* (*a*), *j*) またはパターン内連続マークフラグM (*N* (*a*), *j*) が接続可能パターン検出手段32に入力されるようにする(図37、ステップS104)。S (*n*, *j*) およびM (*n*, *j*) は、図45に示したパターン選定順位決定処理装置で算出され、パターン内連続テーブル23に記憶されている。S (*N* (*a*), *j*) またはM (*N* (*a*), *j*) は接続可能パターン検出手段32において、スペースまたはマークの連続検出に使用される。

【0203】接続可能パターン検出手段32で検出された記録データパターン $DP^{-1}(f, g)$ はコードパターン変換手段33に印加されて、コードパターン変換手段33において記録データパターン $DP(f, g)$ に変換されて出力される。

【0204】位置 (*f*, *g*) の記録データパターン $DP(f, g)$ が、記録用データ*i d* (*q*) の符号化処理単位データ*q* に対応する2次元的RLL符号化データであり、図示しない記録処理手段によって、光ディスク記録媒体の位置 (*f*, *g*) に記録データパターン $DP(f, g)$ が記憶される。図示しない記録処理手段は、変調回路、增幅回路などを含み、最終的には、これら信号処理された信号が光ヘッドを介して光ディスク記録媒体に記録される。

【0205】記録パターン選択装置(変形例)
図47は記録パターン選択装置の構成図である。記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24をROMで実現し、既入力パターンテーブル25をRAMで実現すると2種のメモリを用いることになり、不経済になる。図47に示した記録パターン選択装置は、RAMが必要な既入力パターンテ

ブル25を削除し、既入力パターンテーブル25に関するデータ記録位置保持手段31を削除し、これらに代えて、検出装置30Aに第2のパターンコード変換手段36を付加し、新たに遅延装置40を付加したものである。図47の記録パターン選択装置の全体的な処理は図46に図示した記録パターン選択装置と実質的に同じである。しかしながら、図47の検出装置30Aには図45に示したデータ記録位置保持手段31がなく、記憶装置20に既入力パターンテーブル25を設けていないので、これらに代わる処理として次のとく行う。

【0206】光ディスク記録媒体の半径方向に隣接し、先行する位置(f, g-1)の再生データパターンDP(f, g-1)が検出装置30Aに入力されて第2のパターンコード変換手段36において半径方向の隣接位置のデータパターンDP⁻¹(f, g-1)に変換され、記憶装置20の半径方向の接続テーブル22に記憶される。接続可能パターン検出手段32において記録用原データid(q)に基づいて検出した位置(f, g)のデータパターンDP⁻¹(f, g)は遅延装置40で所定時間遅延されて、次の記録用原データid(q)(符号化処理単位データq)が入力された時に半径方向の隣接かつ先行位置のデータパターンDP⁻¹(f-1, g)として半径方向接続テーブル22に格納される。その他の部分と動作は図46を参照して述べたものと同様である。

【0207】記録パターン再生装置

図48は記録パターン再生装置の構成図である。図48の記録パターン再生装置は検出装置60および記憶装置20を備えている。この記録パターン再生装置は図41および図42～図44に図解した処理を行う。図41は記録パターン再生の全体処理を示し、図42～図44はその詳細な処理を示す図である。記憶装置20に既入力パターンテーブル25が設けられ、検出装置60にデータ再生位置保持手段61が設けられている。検出装置60は、データ再生位置保持手段61、接続可能パターン検出手段62、パターンコード変換手段63、スイッチング手段64、パターン間連続検出手段65および制御手段69を有している。記憶装置20は、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24および既入力パターンテーブル25を有している。記憶装置20は、好適実施例として、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24をROMで実現し、既入力パターンテーブル25をRAMで実現した。ROMに収容されている円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23およびコード順位対応テーブル24の内容は、上述したパターン選定順位決定処理装置で得られたものである。なお、ROMとRAMの2種のメモリを用いず、1台のHDDまたはフラッシュメモリでこれらのテーブルの内

容を収容することもできる。本実施例において、検出装置60はコンピュータで実現されている。以下、記録パターン再生装置の動作を述べる。

- 【0208】パターンコード変換手段63に再生位置(f, g)が入力されると、パターンコード変換手段63は、図41のステップS161に示したように、再生位置(f, g)をデータパターンコードDP⁻¹(f, g)に変換し、変換したDP⁻¹(f, g)をデータ再生位置保持手段61、接続可能パターン検出手段62、パターン間連続検出手段65に印加し、既入力パターンテーブル25に記憶する。
- 【0209】データ再生位置保持手段61は、図41のステップS162に示したように、記録パターンコードDP⁻¹(f, g)から記録位置の更新を行い、記録位置(f, g)と記録データパターンDP⁻¹(f, g)とを既入力パターンテーブル25に記憶し、さらに、データパターンDP⁻¹(f, g)をパターン内連続テーブル23に記憶する。
- 【0210】制御手段69は、既入力パターンテーブル25に記憶された記録位置(f, g)をもとに、既入力パターンテーブル25から円周方向に隣接し先行する位置のデータパターンコードDP⁻¹(f-1, g)と半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコードDP⁻¹(f, g-1)とを読みだし、円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22に記憶する。
- 【0211】パターン間連続検出手段65は、パターンコード変換手段63から出力された記録データパターンコードDP⁻¹(f, g)を入力し、図32のステップS163に示したように、スペース(符号値0)およびマーク(符号値1)の連続性をチェックする。スペースまたはマークが3×3マトリクス・セル、3ブロック連続して続いている場合は、パターン間連続検出手段65はさらにスイッチング手段64を破線の位置にスイッチを切替え、図41のステップS164に示したように、パターン内連続テーブル23からパターン内連続スペースフラグS(P⁻¹(f, g), j)またはパターン内連続マークフラグM(P⁻¹(f, g), j)が接続可能パターン検出手段62に送出されて検索条件に加えられるようとする。
- 【0212】接続可能パターン検出手段62は、図41のステップS165～S169に示したように、円周方向接続テーブル21から円周方向接続可能フラグL(P⁻¹(f-1, g), n)、半径方向接続テーブル22から半径方向接続可能フラグT(P⁻¹(f, g-1), n)、コード順位対応テーブル24から選択順にコードN(a)を読みだし、これら読み出した情報から記録パターンコードP⁻¹(f, g)と一致するコード番号N(a)が、何番目に検索されるかを見て出力データrd(q)を再生して出力する。
- 【0213】以上により、図41に図解した再生処理と

同等の処理が図39に図解した記録パターン再生装置において行われる。

【0214】記録パターン再生装置（変形例）

図49は記録パターン再生装置の第2実施例の構成図である。図49に図解した記録パターン再生装置は、図48に図解した記録パターン再生装置と同様、図41および図42～図44に図解した処理を行うが、図40の記憶装置20には既入力パターンテーブル25が削除され、これに関連して検出装置60Aにはデータ再生位置保持手段61が削除され、これらに代わって、遅延装置70が付加され、検出装置60A内のパターンコード変換手段63が変形されている。円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、および、コード順位対応テーブル24は固定データのため、記憶装置としてROMなどを用いるが、既入力パターンテーブル25は、入力データである再生パターンによってその内容が変化するのでデータを書き込み可能なRAM等を用いる。

【0215】検出装置60Aは、接続可能パターン検出手段62、パターンコード変換手段63A、スイッチング手段64、パターン間連続検出手段65および制御手段69を備えている。図49の記録パターン再生装置は図47に図解した記録パターン選択装置と同様、データ再生位置保持手段61と既入力パターンテーブル25を持たないため、下記の処理を行う。

【0216】先行する半径方向の隣接位置の再生データパターンDP(f, g-1)と位置(f, g)の再生データパターンDP(f, g)が同時にパターンコード変換手段63Aに入力され、パターンコード変換手段63Aにおいて、半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコードDP⁻¹(f, g-1)と、再生データパターンコードDP⁻¹(f, g)に変換される。パターンコード変換手段63Aは半径方向に隣接し先行する位置のデータパターンコードDP⁻¹(f, g-1)を半径方向接続テーブル22に記憶し、記録データパターンコードDP⁻¹(f, g)をパターン内連続テーブル23に記憶し、さらに遅延装置70に印加する。遅延装置70に印加された記録データパターンコードDP⁻¹(f, g)は所定時間遅延された後、パターンコード変換手段63Aへの次の入力データの時に円周方向に隣接し先行する位置のデータパターンコードDP⁻¹(f-1, g)として円周方向接続テーブル21に記憶される。図47の記録パターン再生装置の他の処理は図48に示した記録パターン再生装置の動作と同様であるから、その動作説明を省略する。

【0217】パーシャルレスポンス

光ディスク記録媒体の半径方向のデータ再生処理にパーシャルレスポンス(PR)を適応する場合、PRのクラスにより読み取り位置が異なる。たとえば、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)などの等化を行う

場合は、図50の位置Bに示すように、再生スポットはピット間に位置するように配置される。クラス2のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)などの等化を行う場合は、図50の位置Aに示すように、再生スポットはピット上に位置するように配置される。

【0218】複数のスポットをもついて同時に再生を行うマルチ再生処理の例を図51～図53に示す。図51は3スポットを用いて一度にクラス2のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)の信号を取り込む例を示す図である。図51において、3スポットを先行スポット、中央スポットおよび後行スポットと呼び、それぞれの再生スポットは、円周方向には所定のスポット間隔だけ離れてられ、半径方向には、中央スポットを基準にして、先行スポットが1ピットだけ外側に位置し、後行スポットは内側に位置している。

【0219】図52は3スポットを用いてクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の信号を読み取る例を示す図である。図52においても、図51と同様、3スポットを先行スポット、中央スポットおよび後行スポットと呼ぶ。それぞれの再生スポットは半径方向にそれぞれピット間に位置し、中央スポットを基準にして、先行スポットが1ピットだけ外側に位置し、後行スポットは内側に位置している。3つのスポットは円周方向には所定のスポット間隔だけ離れてられている。ただし、図43に示したPR(1, 1)においては、信号の読み取りには先行スポットと後行スポットのみを用いる。記録再生装置においてこの方法を用いると、信号再生時には上述した方法を用いてパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化に用い、信号記録時には中央スポットをピット上に位置するように位置制御して中央スポットで書き込みを行うことができるという利点がある。すなわち、この例によれば、3スポットを提供する1つの光ヘッドを用いて、記録データの書き込みと、読みだしどと同時にを行うことができるという利点がある。

【0220】図53は4スポットを用いて同時に4個のデータを読み取る例を示す図である。この例は先行スポット1と後行スポット1とが対応して第1組を構成し、先行スポット2と後行スポット2とが対応して第2組を構成している。第1組の先行スポット1と後行スポット1とは、図51に示した3スポットのうち中央のスポットを除いたものと実質的に同じであり、信号再生時にはクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を用いる。同様に、第2組の先行スポット2と後行スポット2とは、図51に示した3スポットのうち中央のスポットを除いたものと実質的に同じであり、信号再生時にはクラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化に用いる。これら第1組と第2組とは独立しているから、これらを用いると、同時に、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を2つ同時にできる。

【0221】4スポットの提供方法としては、第1組の先行スポット1と後行スポット1とを第1の光ヘッドから提供し、第2組の先行スポット2と後行スポット2とを第2の光ヘッドから提供するという2つの光ヘッドを用いる方法、または、4スポットを独立した4個の光ヘッドから提供する方法のいずれでもよい。以上、各種のスポット配置例を示したが、本実施例によれば、上記のように、半径方向についても、記録密度を高めることができる。すなわち、本実施例においては、記録用原データ i d (q) を符号化した符号値配列にした場合、二次元 R L L の条件を満足した符号化処理を行い、NRZ 変換または NRZ I 変換などの変換を行っても矛盾がないように処理されているから、二次元方向に同時的に読み出しても再生可能にしている。上述した 3 × 3 マトリクス・セルの符号値配列を用いる方法では、3 × 3 マトリクス・セルのどの位置が中心位置になるかという重要な情報となる。

【0222】しかしながら、本実施例のように半径方向に記録密度を高めると、波形等化などを適用しない半径方向の位置制御に用いるキャッシングエラー信号が十分得られなくなる可能性がある。そこで、本実施例においては、半径方向の位置制御用にキャッシングエラー信号を得るサンプルエリアを設ける。サンプルエリアを設けてキャッシングエラー信号、データ記録および再生用クロックを得る方法自体は知られているが、従来の各トラック毎にサンプル信号を組み込む方法によれば、半径方向に密度が高くなりすぎ、半径方向位置制御が不可能になるという不具合が起こる。しかし、本実施例においては、下記に詳述するように、そのような問題は発生しない。

【0223】図51～図53に示したスポット相互の位置関係は、記録および再生を行う装置（記録・再生装置）における位置調整により決まる。その位置調整方法は、通常の光ディスク記録・再生装置と同じなので省略する。

【0224】以下、各スポットをピット上あるいはピット間に位置するように制御するためのサンプルエリアのピット配置例を図45～図47に示し、これらの波形図を図57～図59に示す。

【0225】図54は各スポットをピット上あるいはピット間に位置するように制御するためのサンプルエリアの第1のピット配置例を示す図である。図54において、位置Aには、3 × 3 マトリクス・セルの中心位置のセルに対応するピットの位置するところにピットが形成されている。位置Bには、3 × 3 マトリクス・セルの半径方向（段方向）における光ディスク記録媒体の内周側のピットの位置するところにピットが形成されている。位置Cには、3 × 3 マトリクス・セルの半径方向における光ディスク記録媒体の外周側のピットの位置するところにピットが形成されている。

【0226】図57は、図54に図解したその状態で、3 × 3 マトリクス・セルの中心位置のピットの位置上を光ビームスポットが通過した時と、その位置から半径方向にずれた時のそれぞれの場合のスポットの再生信号を示す波形図である。図57において、ピット上（オントラック）の場合は、位置Aで、しきい値を越える信号を得ると共に、位置Bの再生信号レベルと位置Cの再生信号レベルは位置Aの再生信号レベルよりは低いが、両者の信号レベルは等しい。これに対し、ピット上から半径方向（トラック方向）にずれた（オフトラック）場合は、位置Bの再生信号レベルと位置Cの再生信号レベルとが異なる値を示す。従って、スポットをピット上に制御するためには、位置Bの再生信号と位置Cの再生信号が等しくなるように制御する。この例では、位置A、B、Cそれぞれで、中央、内周、外周の順にピットを配置したが、当然ながら、この順番、位置関係は任意に入れ替えることができる。なお、再生信号は図示していないが、再生スポットは、位置Bのピットと、位置Cのピットの中間で、ピット間に位置する場合は、位置B、位置Cの再生信号は等しくなるが、位置Aでの再生信号がしきい値以下の値になってしまふため、判別が可能である。なお位置Aにおける再生信号レベルがしきい値以下になることをを利用して、ピット間にスポットを配することも可能となる。

【0227】図55は、図54の例とは異なり、位置Aでは、3 × 3 マトリクス・セルの中心位置のピットの位置するところ以外に、ピットが形成されており、位置Bおよび位置Cでは、図54と同様の場所に、ピットが形成されていることを示す第2のピット配置例を示す図である。図58は、図55におけるピット上とピット間それぞれでの再生信号を示す図である。この例の制御方法は、図57と同様に、位置Bと位置Cの再生信号を同じにするようにし、位置Aでの再生信号がしきい値以上か以下かで判別する。

【0228】図56は、図55において位置Bと位置Cでのピット配置が異なっている場合の例を示した図である。図59は、図56におけるピット配置の再生信号の波形図である。この例の制御方法は、図57～図58と同様、どこに位置するスポット（例：先行、中央など）を各方法で位置制御するかにより、再生及び記録、それぞれに一番好適なスポット配置を実現する。

【0229】光ディスク記録媒体などの記録再生機においては、記録時と再生時で好適なスポット配置が異なる場合も起こりうる。サンプルエリアおよびアドレス信号が記憶されるアドレス記憶部が光ディスク記録媒体上に等間隔で割り振られている。これらの領域の間に、上述した記録用原データ i d (q) を符号化したデータパターンが記録される。本発明の実施例の光ディスク記録媒体上に配した例を図60に示す。図60において、光ディスク記録媒体は円周に沿って32区分に分割されてお

り、区分のそれぞれの先頭部の塗り潰した部分が、サンプルエリアおよびアドレス記憶部である。塗り潰した部分の間に上述した方法によって二次元RLL符号化されたデータが記憶されるデータ記憶部が続く。データ記憶部は、二次元的記録媒体が、ROMディスクの場合はピット列となり、記録ディスクの場合は、記録エリアとしてピットがないエリアとなる。

【0230】サンプルエリアおよびアドレス記憶部の情報の記録密度は、上述した二次元符号値配列情報が記憶されるデータ部の記録密度より低くしてある。その理由は、波形等化などの処理をせずに正確にアドレス記憶部の位置情報を読み取り可能にするため、および、アドレス記憶部にはデータ記憶部ほど情報を記録しないので、データ記憶部ほどには記録密度を高める必要がないから*

$$\sin \theta = 1 / (w+1)$$

【0233】この関係式が成り立つとき、A～Hのどの列の信号を用いるかを決めることにより並列に良好な信号の再生を行うことができる。この再生方法を用いると、高精度な位置決めをしなくとも、良好な再生信号を得ることができる。列選択用にサンプルエリアと同じ役目をする選択エリアを設ける。

【0234】図62は選択エリアの例を示す図である。選択用ピットは、3×3マトリクス・セルの中心位置のピットの位置する部分に配される。

【0235】図63は、図62におけるピット配置のときの再生信号を表す図である。列の選択方法としては、再生信号の中で最大値を示す列を選択することにより、検出窓がピット上に位置するものを選択することになる。また、ピット間に位置する列を選択する場合は、最大値を示す列からw/2だけ離れた位置を選択すればよい。

【0236】上述した例は、メモリカード媒体など直線再生を行う記録媒体にも好適である。

【0237】図64は本発明の2次元的記録媒体としてメモリカード媒体の例を示す図である。メモリカード記録媒体は二次元的な光メモリを備えた光カードであり、本発明の対象となる2次元記録媒体であり、上述した実施例の二次元RLL符号化によるデータを記憶できる。さらに、そのメモリカード記録媒体から上記した二次元RLLに基づいた復号化によるデータの再生は上記同様に行うことができる。図64に図解したメモリカード記録媒体においても、図60に図解したように区分されている。この例では32の選択エリアを有する。選択エリアにはアドレスなどの位置情報を記録する。

【0238】図70は光カード100の概念図である。挿入された光カード105は位置センサー102によって検出され、検出信号はシステムコントロール101に送られる。システムコントロール101はモータドライバー110に制御信号を送り、ローディングモータ10

*である。

【0231】図61および図62は本発明の他の実施例として、CCDなどで並列読み出しを行う場合のピット位置の例を示す図である。本実施例においては、A～Hまでの8列の検出窓（CCDなどでは、それぞれのCCD素子の1つ1つに対応する）を持ち、全体で8×mの検出窓が用意されている。また検出窓は、データ再生のための光ヘッドの走査方向に対し、ある角度をもって配置されている。走査方向に位置する（8+1=）9個の検出窓で、ちょうど1ピット列分横方向にずれるように角度が決められる。正方形の検出窓の場合、走査方向の検出窓の数をw（図61ではw=8）の時、走査方向と検出窓の角度ずれθとの関係は、次式で与えられる。

【0232】

... (6)

6、ローディングモータ107を基準クロック発生部111からの基準クロックに同期させて回転させ、光カード105を機器内に引き込むと同時に、信号検出用CCD108によって信号を、同じく基準クロック発生部111に従い、検出し信号処理部109に送る、信号処理部109では、信号のピーク値を検出し、位置情報を得るとともに、前述の光ディスクシステムと同様な方法によって信号抜きだしを行う。信号処理部109で抜き出された信号は、インターフェース112を通して出力される。位置センサー103及び位置センサー104が共に光カードを検出すると、システムコントロール101はモータドライバー110に制御信号を送り、ローディングモータ106、ローディングモータ107を逆回転させ、光カード105を装置外に掃き出す。

【0239】図65～図66に記録機のブロック構成図である。図65は、光ディスク記録媒体をリードオンリーメモリ（ROM）ディスク記録媒体220として使用する場合に好適な装置例を示す図である。図65に示したデータ記録装置100は、図46および図47に示した記録パターン選択装置を応用して、たとえば、1ワードが32ビットの記録用原データid(q)を、たとえば、4ビットの符号化処理単位データqに区分して二次元RLL符号化処理し、その処理を8回反復処理してガラス原盤210に記録する。ただし、以下の記述においては、記録用原データid(q)と符号化処理単位データqとを区別しないで二次元RLL符号化処理すると記述する。データ記録装置100は、インターフェース102、パターン選択器104、半導体メモリ106、HDD108、システムコントローラ110、スイッチング回路112、サンプル部データ114、光変調器用ドライバ116、光変調器118および対物レンズ124を有する。半導体メモリ106には、図45～図47を参照して述べたパターン選定順位決定処理装置およびパターン選定順位決定処理装置によって算出し、図45～

図47に示した記憶装置20の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24、既入力パターンテーブル25などに記憶させた、円周方向接続可能フラグL(m, n)などの情報が記憶されている。サンプル部データ114は、図60を参照して述べたサンプルエリアに記録するトラッキング制御に使用するサンプルデータを記憶している。パターン選択器104は、図46および図47(以下、図46について述べる)を参照して述べた記録パターン選択装置に該当する処理を行う。

【0240】システムコントローラ110は、初期状態として、スイッチング回路112を図示実線の位置に付勢しておく。システムコントローラ110は下記の処理の全体制御を行う。スイッチング回路112の図示位置は、図46および図47におけるスイッチング手段34の位置に該当している。2進数、32ビットの記録用原データid(q)がインターフェース102に入力されると、インターフェース102は、記録用原データid(q)を4ビットごとの部分データに区分して符号化処理単位データqを発生する。

【0241】符号化処理単位データqはパターン選択器104に印加されて、図46に図解した記録パターン選択装置に準じた処理が行われる。パターン選択器104は、図46を参照して述べた記録パターン選択装置と同様、半導体メモリ106に記憶されている各種テーブルの情報を参照して、符号化処理単位データqに対応する二次元RLL符号値配列(コード番号)を選択して、ハードディスクドライブ装置(HDD)108に記録する。HDD108に記録された二次元RLL符号値配列情報が、スイッチング回路112を経由して光変調器用ドライバ116に印加されて光変調器118においてレーザー光120を透過、遮断などの変調に使用する。E/O又はA/Oなどの光変調器118で変調されたレーザー光122は対物レンズ124を経由してガラス原盤210の上を走査してガラス原盤210のフォトレジストを露光する。

【0242】32ビットの記録用原データid(q)を4ビットごと抽出した符号化処理単位データqについて8回、上記処理を行う。その処理を連続して入力されてくる複数の記録用原データid(q)について行うと、システムコントローラ110は、スイッチング回路112を図示破線の位置に駆動して、サンプル部データ114を光変調器用ドライバ116に接続し、サンプル部データ114からのサンプルデータをスイッチング回路112および光変調器用ドライバ116を経由して光変調器118に印加してレーザー光120を変調してガラス原盤210上のフォトレジストを露光させる。その後、公知技術によってガラス原盤210から最終的なROMディスクを製造する。

【0243】以上の処理は連続して入力された複数の全

ての記録用原データid(q)に対してその符号値配列を選択して一括してガラス原盤210に光学的に記憶させた後、サンプル部データ114のサンプルデータを一括して記憶する例を示したが、1個の記録用原データid(q)について二次元RLL符号化による符号値配列を選択後、スイッチング回路112を切り換えてサンプル部データ114からのサンプルデータの記録を、HDD108からの符号値配列情報の記憶の直後に行つてもよい。

- 10 【0244】図66は記録・再生機などに好適に使用される装置の構成図である。この記録・再生機は、データ記録装置100Aと、データ再生装置300とを有する。この記録・再生機における記録媒体は、図65に示したROMディスク220ではなく、記憶・再生可能な通常の光ディスク記録媒体である。
- 20 【0245】データ記録装置100Aを先に述べる。データ記録装置100Aは、図65に図解したデータ記録装置100に類似しているが、本実施例の記録媒体は書き込み・読みだし可能な通常の光ディスク記録媒体200なので、図65における半導体メモリ106を半導体ROM132で構成し、HDD108を半導体RAM134で構成し、サンプル部データ114およびスイッチング回路112を削除した構成をしている。半導体ROM132には、図46および図47における記憶装置20内の円周方向接続テーブル21、半径方向接続テーブル22、パターン内連続テーブル23、コード順位対応テーブル24に該当するテーブルの情報が記憶されている。半導体RAM134には、記憶装置20内の既入力パターンテーブル25に相当する情報およびパターン選択器104において半導体ROM132から選択してデータパターンが記憶される。インターフェース102に印加された記録用原データid(q)は符号化処理単位データqに変換されてパターン選択器104に印加される。パターン選択器104において図46および図47に示した記録パターン選択処理が行われる。その結果は半導体RAM134に一旦保持され、半導体RAM134を介して選択された符号値配列情報が光変調器用ドライバ116を経由して、図65の光変調器118および対物レンズ124に相当するものを内蔵している光ピックアップ302を介して光ディスク記録媒体200に記録される。光ディスク記録媒体200はスピンドルモータ230によって回転される。図65におけるシステムコントローラ110に対応する処理は、システムコントローラ320が行う。
- 30 【0246】記録用原データid(q)はインターフェース102において符号化処理単位データqに分割され、分割された符号化処理単位データqはパターン選択器104に入る。パターン選択器104は半導体ROM132上の各種テーブルデータを参照して、二次元RLLに基づいて、光ディスク記録媒体200に記録すべき
- 40
- 50

符号値配列を決定していく。各種テーブルデータを保持する半導体ROM132は、常に同じ値の各種情報、たとえば、円周方向接続可能フラグL(m, n)を保持しているので、ROMやフラッシュメモリなどが好適である。パターン選択器104において選択されたデータパターンは一旦半導体RAM134に保持される。パターン選択器104からのデータは記録用原データid

(q)により変化するので、ROMではなく、書き換え可能なメモリ、たとえば、RAMである必要がある。一旦半導体RAM134に蓄えられた符号値配列情報は光ディスク記録媒体200からの再生信号を元に、タイミングコントローラ回路312によって作られた書き込みタイミング信号により、順次、光変調器用ドライバ116に送られ、光ピックアップ302に搭載されている半導体レーザー(図示せず)の出射光を変調し、光ディスク記録媒体200の所定の位置にパターン選択器104において選択された符号値配列情報を記録する。

【0247】本実施例においては、半導体RAM134に記憶された選択符号値配列情報の読み出し方法を変ることにより、図50～図60を参照して述べた各種の方法に対応した、1ビーム書き込みにも、マルチビーム書き込みにも対応できる。

【0248】データ再生装置300は、データ記録装置100Aによって光ディスク記録媒体200に記録されたデータの読みだしを行う。データ再生装置300は、ヘッドアンプ304、位相同期回路(PLL回路)306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314、ドライブ回路316、および、システムコントローラ320を有する。システムコントローラ320は、データ記録装置100Aにおけるシステムコントローラ110に相当する処理を行う他、データ再生装置300の制御処理を行う。データ再生装置300の制御処理とは、図48および図49を参照して述べた、記録パターン再生装置における再生処理に相当する処理である。

【0249】スピンドルモータ230によって回転させられている光ディスク記録媒体200から信号を読み出す光ピックアップ302からの再生信号はヘッドアンプ304を通り、PLL回路306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310に入力される。PLL回路306は、図60に図解したように、光ディスク記録媒体200のサンプルエリアの信号を元に記録・再生用のクロックを再生する。アドレス抜き出し回路308は、PLL回路306からのクロックと、ヘッドアンプ304からの再生信号を元にアドレス復調を行う。タイミングコントローラ回路312は、ヘッドアンプ304において再生されたアドレス信号とPLL回路306において発生された記録・再生用クロックを用いて、サンプリング用などの各種タイミング信号を発生さ

せる。システムコントローラ320は、アドレス抜き出し回路308からのアドレス信号を元に各種制御を発生し、パターン選択器104、半導体RAM134、光変調器用ドライバ116、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314などの動作を制御する。誤差信号ホールド回路310は、タイミングコントローラ回路312からのタイミング信号を元にして、ヘッドアンプ304からの出力されたトラッキングエラー信号をホールドする。誤差信号ホールド回路310でホールドされたトラッキングエラー信号は、サーボ回路314およびドライブ回路316を介して光ピックアップ302の駆動制御に用いられ、光ディスク記録媒体200上のスポット位置を制御する。

【0250】以上のごとく、図66に示した記録装置によれば、記録用原データid(q)(符号化処理単位データq)に該当する符号値配列情報が二次元RLL符号処理によって選択され、その選択符号値配列で光ディスク記録媒体200の所定の位置に正確に記録できる。

【0251】図67～図69は再生機の構成図である。
20 図67は1ビームのみによる再生時の再生機の構成図である。再生機は、光ピックアップ302、ヘッドアンプ304、PLL回路306、アドレス抜き出し回路308、誤差信号ホールド回路310、タイミングコントローラ回路312、サーボ回路314、ドライブ回路316、システムコントローラ320、光変調器用ドライバ116を有する。これらアドレス抜き出し部や、サーボシステム部は上述したものと同様なので、説明は省略する。再生機はさらに、A/D変換器332、半導体メモリ(RAM)334、波形等化器336、半導体メモリ342、デコーダ344、半導体メモリ(ROM)346、インターフェース348を有する。

【0252】以下、再生動作を述べる。ヘッドアンプ304からのディスク再生信号はPLL回路306からのクロック信号に同期して、A/D変換器332によりデジタルデータに変換され、半導体メモリ(RAM)334に一旦保持される。この半導体メモリ334上に、同一周方向位置で、所定の複数トラックの信号が揃うと、光ディスク記録媒体200の複数トラックにわたる信号が波形等化器336に印加される。波形等化器336は、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)またはクラス2のパーシャルレスポンス(1, 2, 1)などの波形等化処理を行い、記録用原データid(q)と同じフォーマットの2進数(2値)データとして半導体メモリ342に保持する。なお、PR(1, 1)の波形等化時には、図41の位置Bに示したように、再生スポットはピット間に位置する。PR(1, 2, 1)の等化時には、図50の位置Aに示したように、再生スポットはピット上に位置する。波形等化を終えた信号が半導体メモリ342に記憶され、半導体メモリ342に所定量の波形等化信号が蓄積すると、デコーダ344に送られ

る。デコーダ344は、図66の半導体ROM132に相当する各種2次元RLLに関する情報が記憶されている半導体メモリ(ROM)346上のテーブルデータをもとに、半導体メモリ342から出力する。復号結果はインターフェース348を介して、記録用原データid(q)に対応するフォーマットで出力される。半導体メモリ(ROM)346は、図66の半導体ROM132と同等のものを用いることができる。

【0253】図68は、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1,1)などの波形等化時に好適な2ビーム同時にデータ再生を行うデータ再生装置の構成図である。図68のデータ再生装置のうち、図67に示したデータ再生装置に対する変更部分を中心に説明する。本実施例のデータ再生装置は、3個の先行スポット、中央スポット、後行スポットを提供する光ピックアップ302A、3個の独立したヘッドアンプ303、304、305、2個の独立した遅延回路352、354、2個の独立したA/D変換器356、358、クラス1のパーシャルレスポンスを行う波形等化器336Aを有している。本実施例の再生に用いられる2つのスポットは、図50および図51に示したように、それぞれピット間に位置するよう、光ピックアップ302Aにおいてサーボ回路314の信号によって制御されるとともに、他の1つのビームがピット上に配されアドレス等の再生に用いられる。よって、本実施例のスポット配置としては図51に示す方が好適である。3個の独立したヘッドアンプ303、304、305には、先行スポット、中央スポット、後行スポットの信号が入力される。

【0254】ヘッドアンプ304からの中央の再生光を元に、サーボ回路314におけるスポット位置制御、PLL回路306におけるクロック再生、アドレス抜き出し回路308におけるアドレス再生、および、タイミングコントローラ回路312Aにおけるタイミング制御が行われる。タイミングコントローラ回路312Aは図67に示したタイミングコントローラ回路312と同じ処理を行う他、下記のタイミング制御用の信号を発生する。先行スポットおよび後行スポットは、ヘッドアンプ303および305を通った後、両スポットの時間差を吸収するための遅延回路352、354に入力される。光ディスク記録媒体200がCLVタイプの光ディスク記録媒体で、CLV再生の場合は遅延回路352、354における遅延時間は一定である。光ディスク記録媒体200がCAVタイプの光ディスク記録媒体で、CAV再生の場合は半径位置によって遅延量が異なるため、遅延回路352、354における遅延量はシステムコントローラ320Aからの信号で制御される。遅延回路352、354においてヘッドアンプ303、305からの信号の遅延量がコントロールされた後、A/D変換器356、358に印加されてデジタル信号に変換され、それらの結果が波形等化器336Aで波形等化される。

この例は、2ビーム同時読み出しであるから、図67に示した半導体メモリ(RAM)334は不要である。

【0255】波形等化器336Aで波形等化した後の復号処理は、図67を参照して述べた処理と同じである。波形等化器336Aで波形等化された信号が半導体メモリ342に一旦保存され、3×3マトリクス・セルのデータが揃ったとき、半導体メモリ(ROM)346に記憶されている各種情報を参照してデコーダ344において復号される。デコーダ344において復号されたデータが原データid(q)に対応するフォーマットでインターフェース348から出力される。

【0256】本実施例のデータ再生装置によれば、図50を参照して述べたクラス1のパーシャルレスポンス(PR(1,1))の波形等化をした再生データが得られる。上述したように、本実施例における光ディスク記録媒体200は、タイミングコントローラ回路312Aからの遅延量によって制御される遅延回路352、354における遅延量を変化させることにより、CAV方式であっても、CLV方式であってもよい。

【0257】図69は3ビーム同時データ再生の場合のデータ再生装置の構成図である。このデータ再生装置はクラス2のパーシャルレスポンスPR(1,2,1)などの波形等化に好適である。本実施例のスポット配置は図51に示した配置が適している。図69に示したデータ再生装置は、図59に示したデータ再生装置に類似しているから、以下、図68に示したデータ再生装置との相違事項を述べる。本実施例のデータ再生装置は、3個の独立した遅延回路352、353、354、3個の独立したA/D変換器356、357、358、クラス2のパーシャルレスポンスを行う波形等化器336Bを有している。図69に示したデータ再生装置においては、中央のスポットもデータ再生に用いる。中央のスポットは、先行スポットおよび後行スポットと同様、遅延回路353、A/D変換器357を介して波形等化器336Bに入力される。遅延回路353もシステムコントローラ320Bからの遅延量によってヘッドアンプ304からの信号を遅延する。波形等化器336Bは、クラス2のパーシャルレスポンスPR(1,2,1)に応じた波形等化を行う。

【0258】本実施例のデータ再生装置によれば、図50を参照して述べたクラス2のパーシャルレスポンス(PR(1,2,1))の波形等化をした再生データが得られる。上述したように、本実施例における光ディスク記録媒体200は、タイミングコントローラ回路312Bからの遅延量によって制御される遅延回路352、353、354における遅延量を変化させることにより、CAV方式であっても、CLV方式であってもよい。

【0259】他の実施例

以上、データ再生装置として、1ビームから3ビームまでの例を示したが、このブロックを発展させることによ

り容易により多くのビームの再生が可能になる。たとえば、再生スポット数を5にし、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 2, 1)の波形等化を行う場合、または、再生スポット数を6にし、クラス1のパーシャルレスポンスPR(1, 1)の波形等化を行う場合などは、1つのデータパターン全てを同時に読み出せるので、上述した波形等化後の半導体メモリ342は不要である。

*

$$\begin{aligned} C(x, y) = & 2 \times C(x, y) + C(x-1, y) + C(x, y-1) \\ & + C(x+1, y) + C(x, y+1) \end{aligned}$$

... (6)

【0262】以上の実施例は、二次元RLL符号処理および二次元RLL復号処理を行い、二次元的記録媒体に記録・再生する1データ処理単位（データブロック）として、 3×3 マトリクス・セルについて例示したが、上述した記述は、任意の大きさの $m \times n$ マトリクス・セル、任意の最短拘束長、任意の最長拘束長などについて述べており、本発明は任意の二次元状、 $m \times n$ マトリクス・セルについて適用できることは言うまでもない。その場合、符号化処理単位データ q を規定するビット数 r は、 $m \times n > r$ の関係があり、かつ、 $m \times n$ のマトリクス・セルによって表される符号値配列が、上述したラン・レングス・リミテーション(RLL)に関する諸条件を充足する大きさである必要がある。このような任意の $m \times n$ マトリクス・セルについても、上記同様、パターン選定順位決定処理を行って、円周方向接続可能フラグL(m, n)、半径方向接続可能フラグT(m, n)、パターン内連続マークフラグM(n, j)およびパターン内連続スペースフラグS(n, j)、選択順位a、コードN(a)などを求め、記録用入力データid(q)に応じて記録パターン選択処理を行って任意の記録媒体、たとえば、光ディスク記録媒体に選択した2次元データパターンを記録する。その復号(再生)も上記同様に行う。

【0263】また、上述した実施例は、二次元RLL符号化結果が二次元方向にNRZ変換しても方向依存性がないことを述べたが、本発明の二次元RLL符号化処理結果は、NRZ変換に限らず、NRZI変換など他の変換処理に対しても方向依存性がなく、種々の変換処理にも対応できる。

【0264】図65～図69を参照して述べた、記録装置、再生装置および記録・再生装置は、二次元的記録媒体として、光ディスク記録媒体、ROMディスク記録媒体について述べたが、上述した記録装置、再生装置および記録・再生装置は、他の二次元的記録媒体、たとえば、図61および図62を参照して述べたCCD、図64を参照して述べたメモリカード記録媒体、フラッシュメモリ、磁気ディスク記録媒体、磁気ドライブ記録媒体など、その他の種々の二次元的に記録が可能な記録媒体に適用できる。

* 【0260】図66～図69における波形等化器336、336A、336Bにおける波形等化は、縦、横、それぞれの方向に施すことができるが、当然ながら、2次元方向の波形等化が有効である。2次元方向の波形等化の位置例を以下に示す。(x, y)は直交座標系における座標位置を表す。

【0261】

【0265】他の適用分野

なお、以上の実施例は、光ディスク記録媒体などの二次元的記録媒体に記録用原データid(q)をラン・レングス・リミテーション(RLL)の条件下で符号化して記録する場合を例示したが、本発明の二次元RLL符号化方法は、二次元的記録媒体にデータを記録する場合にのみ限定されず、たとえば、送信系統において、送信データを二次元的にラン・レングス・リミテーション(RLL)を課して送信するときの符号値配置など、他の種々の分野にも適用できる。

【0266】

【発明の効果】本発明の二次元RLL方法と装置によれば、符号化の際、NRZ変換などの変換を行っても、2次元方向のいずれにおいても矛盾がなく、記録データを二次元的にラン・レングス・リミテーション(RLL)することができる。

【0267】本発明の二次元RLL符号化方法とその装置によれば、二次元RLL方法を適用して記録データを30二次元的に符号化して、たとえば、二次元的記録媒体に二次元方向に高密度で記録できる、あるいは、二次元的に符号値を配置できる。

【0268】本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、二次元RLL符号化方法によって二次元RLL方法に基づいて符号化し二次元的記録媒体に記録された符号データを正確かつ効率よく復号できる。また本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、適切な再生スポットの元に、適切なパーシャルレスポンスを適用して二次元方向において適切な波形等化を行うことができる。特に、本発明においては、二次元的記録媒体に位置情報記憶部を設け、その位置情報を参照することにより、正確な波形等化処理などを行うことが可能、正確な信号を再生できる。

【0269】さらに本発明の二次元RLL復号化方法とその装置によれば、光カードなどの並列読みだしにおける複数検出窓のシステムにおいて位置決めが容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は一次元ラン・レングス・リミテーション(RLL)符号化方法を単純に二次元RLL符号化方法

に応用したと仮定した場合の仮想的な二次元RLL符号化方法によって符号化した値の例を示した図表である。

【図2】図2は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて、x方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。

【図3】図3は図1に示した仮想的な二次元RLL符号化データについて、y方向にNRZ変換を行った結果を示した図表である。

【図4】図4は図2に示したx方向のRLL結果と、図3に示したy方向のRLL結果を比較した結果を示す図表である。

【図5】図5は本発明の二次元RLL符号化方法、および二次元RLL復号化方法の概要を示す図である。

【図6】図6(A)、(B)は3×3マトリクス・セルの各セルをLSBからMSBに向かって位置づけし、2進数べき乗表記の重み付けをした図表である。

【図7】図7はコード番号0～511の符号値配列のなかで二次元RLL最短拘束長2Tの制限条件を満足するものを示した第1部分(前半部分)の図表である。

【図8】図8はコード番号0～511の符号値配列のなかで二次元RLL最短拘束長2Tの制限条件を満足するものを示した第2部分(後半部分)の図表である。

【図9】図9は二次元RLLの第1の拘束条件である最短拘束長2Tを満足するコード番号のマークを3×3マトリクスのセルに二次元状に表した図である。

【図10】図10はコード番号0～511のうち第1の条件を満足して使用できる符号値配列のコード番号と使用できない符号値配列のコード番号を示す図表である。

【図11】図11(A)、(B)は図6(A)、(B)および図9に示した3×3マトリクス・セル内でスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が連続しているかどうかを表す図表であり、図11(A)は図9に示したスペースの連続を示す図表であり、図11(B)はマークの連続を示す第1部分(前半部分)の図表である。

【図12】図12(A)、(B)は図6(A)、(B)および図9に示した3×3マトリクス・セル内でスペース(符号値0)またはマーク(符号値1)が連続しているかどうかを表す図表であり、図12(A)は図9に示したスペースの連続を示す図表であり、図12(B)はマークの連続を示す第2部分(後半部分)の図表である。

【図13】図13は光ディスク記録媒体の円周方向における3×3マトリクス・セルの符号値配列の基本的な接続関係を図解した図である。

【図14】図14は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第1部分の図表である。

【図15】図15は図9に図解した3×3マトリクス・

セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第2部分の図表である。

【図16】図16は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第3部分の図表である。

【図17】図17は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第4部分の図表である。

【図18】図18は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第5部分の図表である。

【図19】図19は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体の円周方向の符号値の接続が可能かどうかを示す円周方向接続可能フラグL(m, n)の第6部分の図表である。

【図20】図20は光ディスク記録媒体のトラック方向における3×3マトリクス・セルの符号値配列の基本的な接続関係を図解した図である。

【図21】図21は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第1部分の図表である。

【図22】図22は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第2部分の図表である。

【図23】図23は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第3部分の図表である。

【図24】図24は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第4部分の図表である。

【図25】図25は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方向接続可能フラグT(m, n)の第5部分の図表である。

【図26】図26は図9に図解した3×3マトリクス・セルの符号値配列について光ディスク記録媒体のトラック方向のパターン間の接続が可能かどうかを示す半径方

向接続可能フラグT (m, n) の第6部分の図表である。

【図27】図27 (A) ~ (C) は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位aに従って並べて円周方向接続可能フラグL (m, n) および半径方向接続可能フラグT (m, n) 、判定式D (a) 、および、記録用原データid (q) の符号化処理単位データqとの関係の例示を示す第1の第1部分(前半部分)の図表である。

【図28】図28 (A) ~ (C) は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位aに従って並べて円周方向接続可能フラグL (m, n) および半径方向接続可能フラグT (m, n) 、判定式D (a) 、および、記録用原データid (q) の符号化処理単位データqとの関係の例示を示す第1の第2部分(後半部分)の図表である。

【図29】図29 (A) ~ (C) は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位aに従って並べて円周方向接続可能フラグL (m, n) および半径方向接続可能フラグT (m, n) 、判定式D (a) 、および、記録用原データid (q) の符号化処理単位データqとの関係の例示を示す第2の第1部分(前半部分)の図表である。

【図30】図30 (A) ~ (C) は本発明のパターン選定順位決定処理および記録パターン選択において得られた、選択順位aに従って並べて円周方向接続可能フラグL (m, n) および半径方向接続可能フラグT (m, n) 、判定式D (a) 、および、記録用原データid (q) の符号化処理単位データqとの関係の例示を示す第2の第2部分(後半部分)の図表である。

【図31】図31は本発明のパターン選定順位決定処理によるパターンの選定順位を決定する処理を示すフローチャートである。

【図32】図32は図31におけるステップS1における使用可能フラグE (n) を求めるの詳細処理を示すフローチャートである。

【図33】図33は図31のステップS2における円周方向接続可能フラグL (m, n) を求める詳細処理を示すフローチャートである。

【図34】図34は図31のステップS3における半径方向接続可能フラグT (m, n) を求める詳細処理を示すフローチャートである。

【図35】図35は図31のステップS4におけるパターン内連続スペースフラグS (n, j) とパターン内連続マークフラグM (n, j) の求め方の詳細を示すフローチャートである。

【図36】図36は図31のステップS5における総接続可能フラグX (n) の求め方の詳細を示すフローチャートである。

【図37】図37は本発明の実施例の記録パターン選択

処理を示すフローチャートである。

【図38】図38は図37の詳細処理の第1部分を示すフローチャートである。

【図39】図39は図37の詳細処理の第2部分を示すフローチャートである。

【図40】図40は図37の詳細処理の第3部分を示すフローチャートである。

【図41】図41は本発明の実施例の記録パターン復号および再生処理を示すフローチャートである。

【図42】図42は図41の詳細処理を示す第1部分のフローチャートである。

【図43】図43は図41の詳細処理を示す第2部分のフローチャートである。

【図44】図44は図41の詳細処理を示す第3部分のフローチャートである。

【図45】図45は本発明のパターン選定順位決定処理装置の実施例として、光ディスク記録媒体に二次元的RL符号化する前のパターン選定順位決定処理を示す装置の構成図である。

【図46】図46は本発明の二次元RL符号化装置の実施例の記録パターン選択装置の第1例の構成図である。

【図47】図47は本発明の二次元RL符号化装置の実施例の記録パターン選択装置の第2例の構成図である。

【図48】図48は本発明の記録パターン復号データ再生装置の第1実施例としての構成図である。

【図49】図49は本発明の記録パターン復号データ再生装置の第2実施例としての構成図である。

【図50】図50は光ディスク記録媒体におけるピットと光学スポットとの第1の位置関係を示す図である。

【図51】図51は光ディスク記録媒体におけるピットと光学スポットとの第2の位置関係を示す図であって、3スポットを用いて一度にパーシャルレスポンスPR (1, 2, 1) の信号を取り込む例を示した図である。

【図52】図52は光ディスク記録媒体におけるピットと光学スポットとの第2の位置関係を示す図であって、3スポットを用いてパーシャルレスポンスPR (1, 1) の信号を読み取る例を示した図である。

【図53】図53は4スポット同時読み取りの例を示した図である。

【図54】図54はサンプルエリアのピットとの第1の配置例を示す図である。

【図55】図55はサンプルエリアのピットとの第2の配置例を示す図である。

【図56】図56はサンプルエリアのピットとの第3の配置例を示す図である。

【図57】図57は図54におけるパターンの中心位置のピットの位置上をスポットが通過した時と、その位置

から径方向にずれた時のそれぞれの場合のスポットの再生信号を示す図である。

【図58】図58は図55において位置Bと位置Cでのピット配置が異なっている場合の再生信号を示す図である。

【図59】図59は図56において位置Bと位置Cでのピット配置が異なっている場合の再生信号を示す図である。

【図60】図60はサンブルエリアおよびアドレス信号がディスク記録媒体上に等間隔で割り振られていることを示す図である。

【図61】図61はCCDなどで並列読み出しを行う場合の第1形態を示す図である。

【図62】図62はCCDなどで並列読み出しを行う場合の第2形態を示す図である。

【図63】図63は図61および図52に示した読みだしにおける再生信号を表す図である。

【図64】図64はメモリカード媒体の平面図である。

【図65】図65は本発明の二次元RLL符号化によるデータ記録を行う実施例としての装置の構成図である。

【図66】図66は本発明の二次元RLL符号化方法によるデータ記録およびその再生を行う実施例としての装置の構成図である。

【図67】図67は本発明の二次元RLL復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、1ビームのみによるデータ再生装置の構成図である。

【図68】図68は本発明の二次元RLL復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、パーシャルレスポンスPR(1, 1)などの波形等化時に好適な2ビーム同時にデータ再生を行うデータ再生装置の構成図である。

【図69】図69は本発明の二次元RLL復号化方法による記録パターン再生装置の実施例として、3ビーム同時データ再生を行うデータ再生装置の構成図である。

【図70】図70は光カードの概念図である。

【符号の説明】

100.. 検出装置

110.. パターン内1T検出手段

120.. パターン間円周方向接続検出手段

130.. パターン間半径方向接続検出手段

140.. パターン内連続検出手段

150.. パターン順位付け手段

190.. 制御手段

200.. 記憶装置

210.. 円周方向接続テーブル

220.. 半径方向接続テーブル

230.. パターン内連続テーブル

240.. コード順位対応テーブル

250.. 既入力パターンテーブル

300.. 検出装置

10

- 310.. データ記録位置保持手段
- 320.. 接続可能パターン検出手段
- 330.. コードパターン変換手段
- 340.. スイッチング手段
- 350.. パターン間連続検出手段
- 360.. 第2のパターンコード変換手段
- 390.. 制御手段
- 400.. 遅延装置
- 600.. 検出装置
- 610.. データ再生位置保持手段
- 620.. 接続可能パターン検出手段
- 630.. パターンコード変換手段
- 640.. スイッチング手段
- 650.. パターン間連続検出手段
- 690.. 制御手段
- 700.. 遅延装置
- 1000.. データ記録装置
- 1020.. インターフェース
- 1040.. パターン選択器
- 20106.. 半導体メモリ
- 1080.. HDD
- 1100.. システムコントローラ
- 1120.. スイッチング回路
- 1140.. サンブル部データ
- 1160.. 光変調器用ドライバ
- 1180.. 光変調器
- 1200.. レーザー光
- 1220.. 変調レーザー光
- 1222.. 対物レンズ
- 30132.. 半導体ROM
- 1340.. 半導体ROM
- 2000.. 光ディスク記録媒体
- 2100.. ガラス原盤
- 2200.. ROMディスク
- 2300.. スピンドルモータ
- 3000.. データ再生装置
- 3020.. 光ピックアップ
- 3030.. ヘッドアンプ
- 3060.. PLL回路
- 40308.. アドレス抜き出し回路
- 3100.. 誤差信号ホールド回路
- 3120.. タイミングコントローラ回路
- 3140.. サーボ回路
- 3160.. ドライブ回路
- 3200.. システムコントローラ
- 3320.. A/D変換器
- 3340.. 半導体メモリ(RAM)
- 3360.. 波形等化器
- 3420.. 半導体メモリ
- 50344.. デコーダ

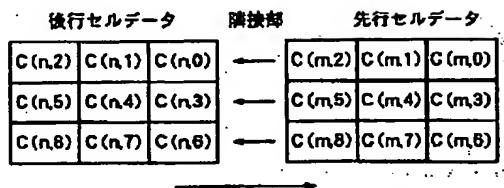
75

346 · · 半導体メモリ (ROM)
 348 · · インターフェース
 352, 353, 354 · · 遅延回路
 356, 357, 358 · · A/D変換器
 n · · コード番号
 C (n, k) · · 3×3 マトリクス・セル
 k · · 3×3 マトリクス・セルの段(行) : 0 ~ 2
 C (n, j) · · 3×3 マトリクス・セル
 j · · 3×3 マトリクス・セルの列: 0 ~ 2
 C (i) · · 3×3 マトリクス・セル
 i · · 3×3 マトリクス・セルの番号: 0 ~ 8
 L (m, n) · · 円周方向接続可能フラグ、m · · 円周
 方向位置、n · · 半径方向位置
 T (m, n) · · 半径方向接続可能フラグ
 S (n, j) · · パターン内連続スペースフラグ
 SL (k) · · スペース連続フラグ
 M (n, j) · · パターン内連続マークフラグ
 ML (k) · · マーク連続フラグ

[图 11]

【图 13】

円周方向接続関係(隣接関係)



光ディスク記録媒体の回転の向き

76

E (n)	.. 使用可能フラグ
X (n)	.. 総接続可能フラグ
X' (n)	.. 仮総接続可能フラグ
a	.. 選択順位
N (a)	.. 選択コード
D (a)	.. 判定式
i d (q)	.. 符号化対象原データ
q	.. 符号化処理単位データ
(f, g)	.. 二次元位置、 f .. 円周方向位置
10 g	.. 半径方向位置
P (f, g)	.. 位置パターン
C P (n)	.. コードパターン
P- (f, g)	.. 二次元位置 (f, g) におけるパターンコード
L F (a)	.. 連続条件判定式
L F	.. 連続最長フラグ
c	.. 検索数

[図11]

(A)				(B)			
S(n, k)	(2)	(1)	(0)	M(n, k)	(6)	(5)	(2)
0	1	1	1	0	0	0	0
511	0	0	0	511	1	1	0
507	0	0	0	510	1	1	0
510	0	0	0	255	0	1	1
255	0	0	0	447	0	1	1
447	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	4	0	0	0
4	1	1	0	54	0	0	0
54	0	1	1	256	0	0	0
256	0	1	1	319	0	1	1
319	0	0	0	502	1	0	0
502	0	0	0	475	1	0	0
475	0	0	0	503	0	1	0
503	0	0	0	3	1	1	0
3	1	1	0	6	0	0	0
6	1	1	0	9	0	0	0
9	1	1	0	35	0	0	0
98	1	0	0	127	0	1	0
127	0	0	0	192	0	0	0
192	0	1	1	223	0	0	0
223	0	0	0	258	0	0	0
258	0	0	1	438	0	0	0
438	0	0	0	545	0	0	0
545	0	0	0	72	0	0	0
72	0	0	1	384	0	0	0
384	0	1	1	457	1	0	0
457	0	0	0	484	1	0	0
484	0	0	0	27	0	0	0
27	1	0	0	54	0	0	0
54	1	0	0	79	0	0	0
79	0	0	0	295	0	0	0
295	0	0	0	218	0	0	0
218	0	0	1	432	0	0	0
432	0	0	1	472	1	0	0
472	0	0	1	91	0	0	0
91	0	0	0	310	0	0	0
310	0	0	0	420	0	0	0
420	0	0	0	456	0	0	0
456	0	0	1	436	0	0	0
436	0	0	0	15	0	0	0
15	1	0	0	31	0	0	0
31	1	0	0	59	0	0	0
59	1	0	0				

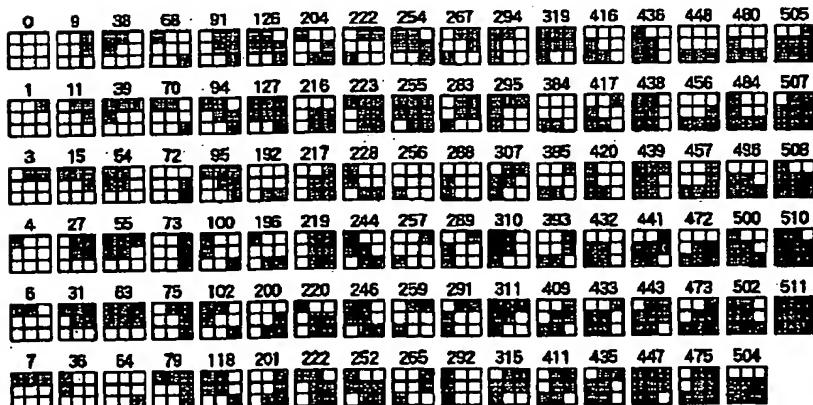
[図2]

〔图12〕

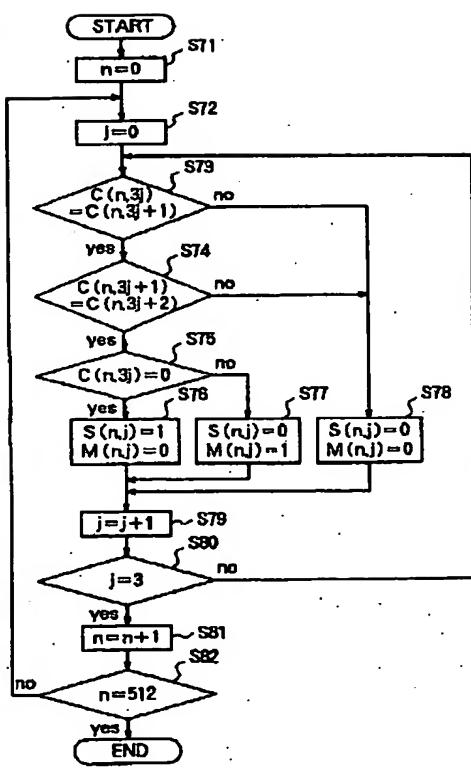
(A)			(B)			
S(n, k)	M(n, k)		n	(0)	(1)	(2)
55	1	0	55	0	0	1
75	0	0	75	0	0	0
294	0	0	294	0	0	0
498	0	0	498	0	0	0
217	0	0	217	0	0	0
201	0	0	201	0	0	0
400	0	0	480	1	0	0
435	0	0	435	0	0	0
125	0	0	125	0	1	0
252	0	0	252	0	1	0
70	0	1	70	0	0	0
76	0	0	76	0	0	0
100	0	0	100	0	0	0
198	0	0	198	0	0	0
259	0	1	259	0	0	0
265	0	0	265	0	0	0
289	0	0	289	0	0	0
385	0	1	385	0	0	0
411	0	0	411	0	0	0
222	0	0	222	0	0	0
441	0	0	441	0	1	0
248	0	0	248	0	0	0
315	0	0	915	0	1	0
473	0	0	473	1	0	0
500	0	0	500	1	0	0
254	0	0	254	0	1	0
443	0	0	443	0	1	0
11	1	0	11	0	0	0
38	1	0	38	0	0	0
68	0	1	68	0	0	0
95	0	0	95	0	0	0
257	0	1	257	0	0	0
311	0	0	311	0	0	1
200	0	0	200	0	0	0
416	0	0	416	0	0	0
94	0	0	94	0	0	0
403	0	0	403	0	0	0
102	0	0	102	0	0	0
204	0	0	204	0	0	0
287	0	0	287	0	0	0
411	0	0	411	0	0	0
244	0	0	244	0	0	0
307	0	0	307	0	0	0

【図3】

〔图9〕



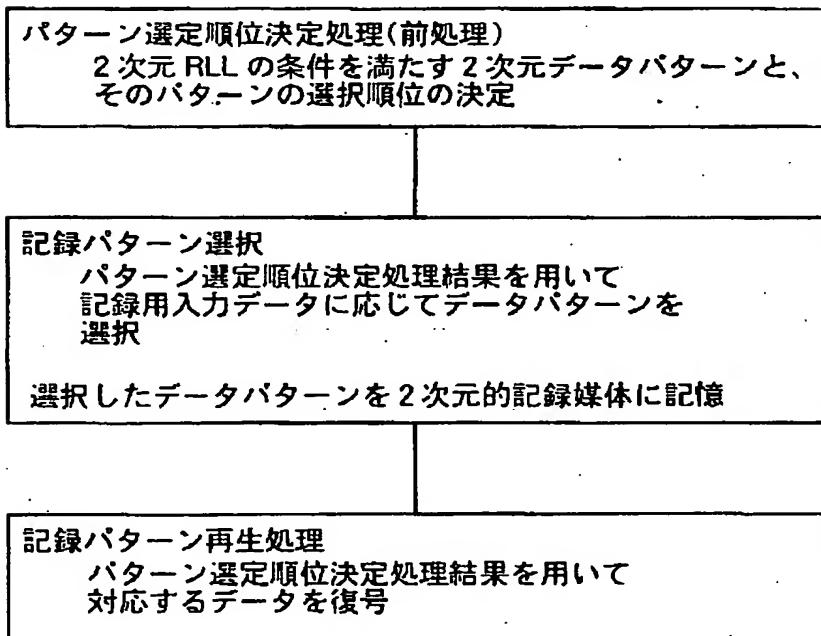
[图 35]



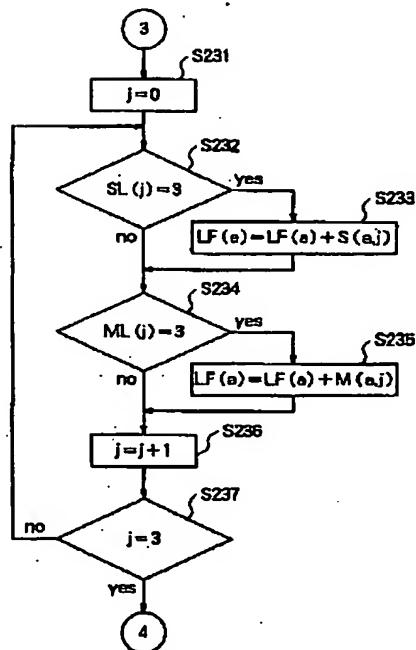
(图4)

【図5】

本発明の処理の全体構成



[図44]



【図6】

コード: 0~511
列 j=2 j=1 j=0

(A) 段 k=0 (行)

4	2	2
-2-	-1-	-0-

k=1

32	16	8
-5-	-4-	-3-

k=2

MSB 256	128	64
-8-	-7-	-6-

↓
Y方向
横方向
内周方向
タンジェンシャル方向
上段の数字: 2進数重み付け数値
下段の数字: ピット位置番号 0~8

(B) 列 j=2 j=1 j=0

段 k=0 (行)

4	2	LSB 1
C(2)	C(1)	C(0)
C(n,2)	C(n,1)	C(n,0)

k=1

32	16	8
C(5)	C(4)	C(3)
C(n,5)	C(n,4)	C(n,3)

k=2

MSB 256	128	64
C(8)	C(7)	C(6)
C(n,8)	C(n,7)	C(n,6)

↓
Y方向
横方向
内周方向
タンジェンシャル方向
上段の数字: 2進数重み付け数値
中段の記号: セル C(i)
i: セル位置
下段の記号: セル C(n,i)
n: コード
i: ピット信号

【図20】

トラック方向接続関係(隣接関係)

code bin,data -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 -0-

0 00000000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

1 00000001 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

3 00000011 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1

4 00000100 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

6 00000010 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0

7 00000011 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1

9 00000100 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1

11 00000101 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1

15 00000111 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1

27 00001101 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1

31 00001111 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1

36 000100100 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0

38 000100110 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0

39 000100111 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1

54 000110110 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0

55 000110111 0 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1

63 000111111 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1

64 001000000 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

68 001000100 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0

70 001000110 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0

72 001001000 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0

73 001001001 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0

75 001001011 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1

76 001001100 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0

78 001001110 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 1 0

79 001001111 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1

91 001011011 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1

94 001011110 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0

95 001011111 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1

100 001100100 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0

102 001100110 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0

118 001110110 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0

126 001111110 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

127 001111111 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

192 011000000 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

196 011000100 0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0

200 011001000 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0

201 011001001 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1

204 011001100 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0

216 011011000 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0

217 011011001 0 1 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1

219 011011011 0 1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 1

220 011011100 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0

222 011011110 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0

223 011011111 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1

226 011100100 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0

244 011110100 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0

246 011110110 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0

252 011111100 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0

254 011111110 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

255 011111111 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

C(m,2) C(m,1) C(m,0)

C(m,5) C(m,4) C(m,3)

C(m,8) C(m,7) C(m,6)

外側セルデータ
先行セルデータ

隣接部

C(n,2) C(n,1) C(n,0)

C(n,5) C(n,4) C(n,3)

C(n,8) C(n,7) C(n,6)

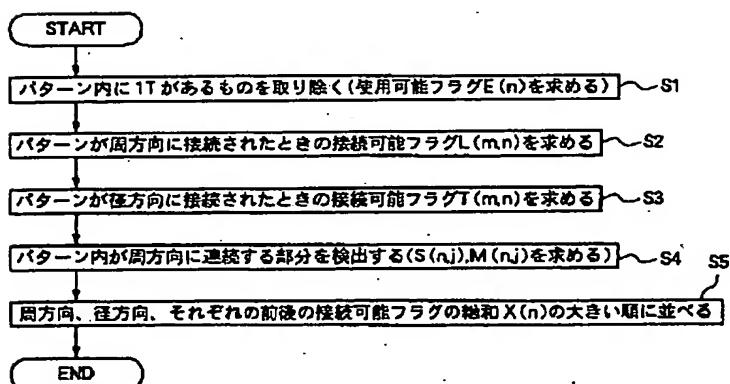
内側セルデータ
後行セルデータ

[図 8]

【図10】

利用するコード	利用しないコード
0, 1, 3, 4, 6, 7, 9	: 2, 5, 8,
11, 15	: 10, 12~16, 16~19
27	: 20~26, 28, 29
31, 36, 38, 39	: 30, 326~35, 37
54, 55	: 40~49
63, 64, 68	: 51~53, 55~59
70, 72, 73, 75, 76, 78, 79	: 60~62, 65~67, 69
91, 94, 95	: 71, 74, 77
100, 102	: 80~89
118	: 90, 92, 93, 95~99
126, 127	: 101, 103~109
	: 110~117, 119
192, 196	: 120~125, 128, 129
200, 201, 204	: 130~139
216, 217, 219	: 140~149
220, 222, 223, 228	: 150~159
244, 246	: 160~169
252, 254, 255, 256, 257, 259	: 170~179
265, 267	: 180~189
283, 288, 289	: 190, 191, 193, 194, 197~199
291, 292, 294, 295	: 202, 205~209
307	: 210~215, 218
310, 311, 315, 319	: 221, 222, 224~227, 229
	: 230~239
384, 385	: 240~243, 245, 247~249
393	: 250, 251, 253, 258
409	: 260~264, 266, 268, 269
411, 416, 417	: 270~279
420	: 280~282, 284~287
432, 433, 435, 436, 438, 439	: 290, 292, 293, 296~299
441, 443, 447, 448	: 300~306, 308, 309
456, 457	: 312, 313, 314, 316, 317, 318
472, 473, 475	: 320~329
480, 484	: 330~339
496	: 340~349
500, 502, 504, 505, 507, 508	: 350~359
510, 511	: 360~369
	: 370~379
	: 380~383, 386~389
	: 390~392, 394~399
	: 400~408
	: 410, 412~415, 418, 419
	: 421~429
	: 430, 431, 437
	: 440, 442, 444, 445, 446, 449
	: 450~455, 458, 459
	: 460~469
	: 470, 471, 474, 476~479
	: 481~483, 485~489
	: 490~495, 497~499
	: 501, 503, 509
	:

【図31】

パターン選定順位決定処理

【図14】

 $L(m, n) - 1$

$L(m, n)$	m	n
0	0	1
511	1	1
507	0	1
510	1	0
255	0	0
447	-1	0
4	0	-1
64	-1	1
256	0	-1
319	0	-1
502	-1	0
475	0	0
508	0	1
3	-1	0
8	0	1
9	1	1
35	0	-1
127	-1	0
192	1	0
223	0	0
288	0	1
439	-1	0
505	1	0
72	1	1
384	1	0
457	-1	1
484	0	1
27	0	3
53	1	0
79	-1	1
295	0	-1
216	1	0
432	-1	0
472	0	1
91	1	0
310	0	-1
420	0	1
456	1	1
436	0	1
15	-1	0
31	1	0
39	0	1

【图15】

$L(m, n) - 2$	m	n
55	0	5115075102556471
75	1	0
294	0	1
498	1	0
211	0	0
201	1	0
480	0	1
435	1	0
126	1	1
252	0	0
70	1	0
76	0	1
100	0	0
188	0	0
259	0	1
265	0	1
289	0	1
385	1	1
411	1	0
221	1	0
441	1	1
246	1	0
315	0	0
473	1	0
500	0	1
254	1	0
443	0	1
111	1	0
38	0	1
88	0	1
257	0	1
311	1	0
2001	1	0
416	0	1
36	1	0
409	1	0
102	0	1
204	0	0
417	0	1
244	0	0
307	0	0

[图 16]

L(m,n)-3

【図17】

L(m, n) - 4

【図18】

L(m,n) - 5

L(m,n)	m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n	0	0	1	1	1	0	1	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
511	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
507	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
510	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
255	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
447	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
64	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
256	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
319	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
502	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
475	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
508	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
9	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
38	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
127	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
192	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
288	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
439	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
505	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
72	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
384	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
457	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
484	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
554	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
79	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1
295	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
216	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
432	0	0	1	0	1	1	1	0	3	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
472	0	1	0	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
91	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
310	1	0	0	0	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
420	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
456	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
436	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
15	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
31	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
39	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0

【図19】

 $L(m, n) - 6$

$L(m, n)$	m	473	506	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	257	417	244	307
n		55	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
75	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
294	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
495	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
217	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
480	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
435	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
126	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
252	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
70	1	1	0	1	0	0	3	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
76	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
100	1	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
195	0	0	3	1	0	0	0	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
259	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
265	0	1	1	0	0	0	1	!	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
289	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
365	0	1	1	0	0	1	1	:	0	:	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
411	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
222	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
441	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
246	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
315	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
473	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
500	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
254	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
443	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
11	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
38	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
68	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
95	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
257	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
311	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
416	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
94	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
409	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
102	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0
204	0	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3	0	0	1	1	0	1
267	0	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
417	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	1	0	0	0	0
244	0	0	0	1	1	0	0	0	1	C	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0
307	0	0	1	0	0	0	1	0	0	C	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0

[図21]

【图22】

$$T(m,n) = 2$$

[図23]

【図24】

 $T(m, n) - 4$

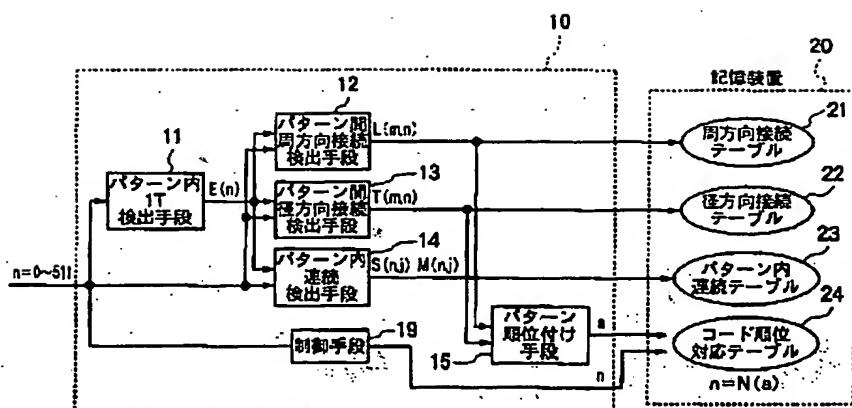
(m, n)	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	7010	7011	7012	7013	7014	7015	7016	7017	7018	7019	7020	7021	7022	7023	7024	7025	7026	7027	7028	7029	7030	7031	7032	7033	7034	7035	7036	7037	7038	7039	7040	7041	7042	7043	7044	7045	7046	7047	7048	7049	7050	7051	7052	7053	7054	7055	7056	7057	7058	7059	7060	7061	7062	7063	7064	7065	7066	7067	7068	7069	70610	70611	70612	70613	70614	70615	70616	70617	70618	70619	70620	70621	70622	70623	70624	70625	70626	70627	70628	70629	70630	70631	70632	70633	70634	70635	70636	70637	70638	70639	70640	70641	70642	70643	70644	70645	70646	70647	70648	70649	70650	70651	70652	70653	70654	70655	70656	70657	70658	70659	70660	70661	70662	70663	70664	70665	70666	70667	70668	70669	70670	70671	70672	70673	70674	70675	70676	70677	70678	70679	70680	70681	70682	70683	70684	70685	70686	70687	70688	70689	70690	70691	70692	70693	70694	70695	70696	70697	70698	70699	706100	706101	706102	706103	706104	706105	706106	706107	706108	706109	706110	706111	706112	706113	706114	706115	706116	706117	706118	706119	706120	706121	706122	706123	706124	706125	706126	706127	706128	706129	706130	706131	706132	706133	706134	706135	706136	706137	706138	706139	706140	706141	706142	706143	706144	706145	706146	706147	706148	706149	706150	706151	706152	706153	706154	706155	706156	706157	706158	706159	706160	706161	706162	706163	706164	706165	706166	706167	706168	706169	706170	706171	706172	706173	706174	706175	706176	706177	706178	706179	706180	706181	706182	706183	706184	706185	706186	706187	706188	706189	706190	706191	706192	706193	706194	706195	706196	706197	706198	706199	706200	706201	706202	706203	706204	706205	706206	706207	706208	706209	706210	706211	706212	706213	706214	706215	706216	706217	706218	706219	706220	706221	706222	706223	706224	706225	706226	706227	706228	706229	706230	706231	706232	706233	706234	706235	706236	706237	706238	706239	706240	706241	706242	706243	706244	706245	706246	706247	706248	706249	706250	706251	706252	706253	706254	706255	706256	706257	706258	706259	706260	706261	706262	706263	706264	706265	706266	706267	706268	706269	706270	706271	706272	706273	706274	706275	706276	706277	706278	706279	706280	706281	706282	706283	706284	706285	706286	706287	706288	706289	706290	706291	706292	706293	706294	706295	706296	706297	706298	706299	706300	706301	706302	706303	706304	706305	706306	706307	706308	706309	706310	706311	706312	706313	706314	706315	706316	706317	706318	706319	706320	706321	706322	706323	706324	706325	706326	706327	706328	706329	706330	706331	706332	706333	706334	706335	706336	706337	706338	706339	706340	706341	706342	706343	706344	706345	706346	706347	706348	706349	706350	706351	706352	706353	706354	706355	706356	706357	706358	706359	706360	706361	706362	706363	706364	706365	706366	706367	706368	706369	706370	706371	706372	706373	706374	706375	706376	706377	706378	706379	706380	706381	706382	706383	706384	706385	706386	706387	706388	706389	706390	706391	706392	706393	706394	706395	706396	706397	706398	706399	706400	706401	706402	706403	706404	706405	706406	706407	706408	706409	706410	706411	706412	706413	706414	706415	706416	706417	706418	706419	706420	706421	706422	706423	706424	706425	706426	706427	706428	706429	706430	706431	706432	706433	706434	706435	706436	706437	706438	706439	706440	706441	706442	706443	706444	706445	706446	706447	706448	706449	706450	706451	706452	706453	706454	706455	706456	706457	706458	706459	706460	706461	706462	706463	706464	706465	706466	706467	706468	706469	706470	706471	706472	706473	706474	706475	706476	706477	706478	706479	706480	706481	706482	706483	706484	706485	706486	706487	706488	706489	706490	706491	706492	706493	706494	706495	706496	706497	706498	706499	706500	706501	706502	706503	706504	706505	706506	706507	706508	706509	706510	706511	706512	706513	706514	706515	706516	706517	706518	706519	706520	706521	706522	706523	706524	706525	706526	706527	706528	706529	706530	706531	706532	706533	706534	706535	706536	706537	706538	706539	706540	706541	706542	706543	706544	706545	706546	706547	706548	706549	706550	706551	706552	706553	706554	706555	706556	706557	706558	706559	706560	706561	706562	706563	706564	706565	706566	706567	706568	706569	706570	706571	706572	706573	706574	706575	706576	706577	706578	706579	706580	706581	706582	706583	706584	706585	706586	706587	706588	706589	706590	706591	706592	706593	706594	706595	706596	706597	706598	706599	706600	706601	706602	706603	706604	706605	706606	706607	706608	706609	706610	706611	706612	706613	706614	706615	706616	706617	706618	706619	706620	706621	706622	706623	706624	706625	706626	706627	706628	706629	706630	706631	706632	706633	706634	706635	706636	706637	706638	706639	706640	706641	706642	706643	706644	706645	706646	706647	706648	706649	706650	706651	706652	706653	706654	706655	706656	706657	706658	706659	706660	706661	706662	706663	706664	706665	706666	706667	706668	706669	706670	706671	706672	706673	706674	706675	706676	706677	706678	706679	706680	706681	706682	706683	706684	706685	706686	706687	706688	706689	706690	706691	706692	706693	706694	706695	706696	706697	706698	706699	706700	706701	706702	706703	706704	706705	706706	706707	706708	706709	706710	706711	706712	706713	706714	706715	706716	706717	706718	706719	706720	706721	706722	706723	706724	706725	706726	706727	706728	706729	706730	706731	706732	706733	706734	706735	706736	706737	706738	706739	706740	706741	706742	706743	706744	706745	706746	706747	706748	706749	706750	706751	706752	706753	706754	706755	706756	706757	706758	706759	706760	706761	706762	706763	706764	706765	706766	706767	706768	706769	706770	706771	706772	706773	706774	706775	706776	7067

【図25】

T(m, n) - 5

T(m, n)	m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
511	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
507	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
510	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
255	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
447	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	3	0	0	1
4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3	0	1	0
64	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
256	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
319	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	1	0	0	1	0
502	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0
475	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
508	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
9	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
36	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
127	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
182	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
223	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
268	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
439	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
505	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0
72	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
384	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0
457	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0
484	0	3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
54	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
78	1	1	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
295	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
216	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
432	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	3	0	0
472	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
91	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
310	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
420	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	3	0	1	0	1	0	1	0	3	0	0
456	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0
436	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	3	0	0
15	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
31	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
39	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0

【図45】

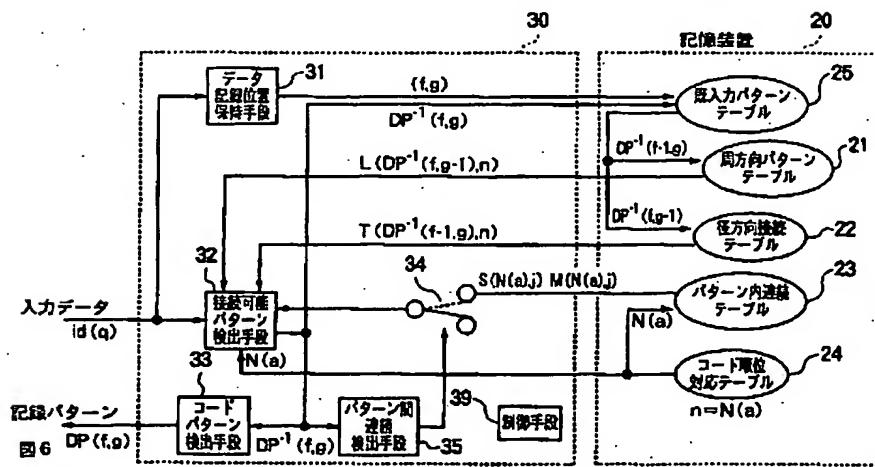


【図26】

T(m,n) - 6

T(m,n)	m	473	500	254	443	11	38	68	95	257	311	200	416	94	409	102	204	267	417	244	307
n		55	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
75	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
294	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
496	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
217	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
261	0	2	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
480	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
435	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
126	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
252	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
70	1	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
78	1	1	0	1	0	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
100	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
196	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
259	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	1	0	1
265	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
289	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
385	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
411	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
222	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
441	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
246	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
315	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
473	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
254	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
443	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
11	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0
38	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
68	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
95	1	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
257	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
311	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
200	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	1	0
416	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0
94	1	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
409	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
102	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
204	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
267	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
417	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
244	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	1	3	1	0
307	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	1	0	1

【図46】



【図27】

(A)					(B)					(C)					
id(q)=2		19		id	id(q)=10		35		id	id(q)=10		24		id	
N(a)	L(447,n)	T(64,n)	D(a)	id	N(a)	L(4n)	T(8n)	D(a)	id	N(a)	L(4n)	T(8n)	S(n0)	D(a)	id
0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
511	0	1	0		511	1	1	1	1	511	1	1	0	1	0
507	0	1	0		507	1	1	1	2	507	1	1	0	1	1
510	0	1	0		510	1	1	1	3	510	1	1	0	1	2
255	1	1	1	1	255	1	1	1	4	255	1	1	0	1	3
447	0	1	0		447	1	1	1	5	447	1	1	0	1	4
1	1	1	1	2*	1	1	1	1	6	1	1	1	1	0	
4	1	1	1	3	4	0	1	0		4	0	1	1	0	
64	1	0	0		64	1	0	0		64	1	0	0	0	
256	0	0	0		256	0	0	0		256	0	0	0	0	
319	0	1	0		319	0	1	0		319	0	1	0	0	
502	0	0	0		502	1	0	0		502	1	0	0	0	
475	0	0	0		475	1	0	0		475	1	0	0	0	
508	0	1	0		508	0	1	0		508	0	1	0	0	
3	0	1	0		3	1	1	1	7	3	1	1	1	0	
6	1	1	1	4	6	1	1	1	8	6	1	1	1	0	
9	1	1	1	5	9	1	1	1	9	9	1	1	1	0	
36	1	1	1	6	36	0	1	0		36	0	1	1	0	
127	1	1	1	7	127	1	1	1	10*	127	1	1	0	1	5
192	1	0	0		192	1	0	0		192	1	0	0	0	
223	0	1	0		223	1	1	1	11	223	1	1	0	1	6
288	0	1	0		288	0	1	0		288	0	1	0	0	
439	0	1	0		439	1	1	1	12	439	1	1	0	1	7
505	0	1	0		505	1	1	1	13	505	1	1	0	1	8
72	1	1	1	8	72	1	1	1	14	72	1	1	0	1	9
384	0	0	0		384	1	0	0		384	1	0	0	0	
457	0	0	0		457	1	0	0		457	1	0	0	0	
484	0	0	0		484	0	0	0		484	0	0	0	0	
27	0	1	0		27	1	1	1	15	27	1	1	1	0	
54	1	1	1	9	54	1	1	1		54	1	1	1	0	
78	1	1	1	10	79	1	1	1		79	1	1	0	1	10*
295	0	1	0		295	0	1	0		295	0	1	0	0	
216	0	1	0		216	1	1	1		216	1	1	0	1	11
432	0	1	0		432	1	1	1		432	1	1	0	1	12
472	0	0	0		472	1	0	0		472	1	0	0	0	
91	0	1	0		91	1	1	1		91	1	1	0	1	13
310	0	1	0		310	0	1	0		310	0	1	0	0	
420	0	0	0		420	0	0	0		420	0	0	0	0	
456	0	0	0		456	1	0	0		456	1	0	0	0	
436	0	1	0		436	0	1	0		436	0	1	0	0	
15	1	1	1	11	15	1	1	1		15	1	1	1	0	
31	0	1	0		31	1	1	1		31	1	1	1	0	
39	1	1	1	12	39	0	1	0		39	0	1	1	0	
55	1	1	1	13	55	1	1	1		55	1	1	1	0	
75	0	1	0		75	1	1	1		75	1	1	0	1	14
294	0	1	0		294	0	1	0		294	0	1	0	0	
495	0	0	0		495	1	0	0		495	1	0	0	0	

[图28]

(A)					(B)					(C)					
id(a)=2		19		id	id(q)=10		35		id	id(q)=10		24		id	
N(a)	L(447,n)	T(64,n)	D(a)	id	N(a)	L(4,n)	T(0,n)	D(a)	id	N(a)	L(4,n)	T(0,n)	S(n,0)	D(a)	id
217	0	1	0		217	1	1	1		217	1	1	0	1	15
201	1	0	0		201	1	0	0		201	1	0	0	0	
480	0	0	0		480	0	0	0		480	0	0	0	0	
435	0	1	0		435	1	1	1		435	1	1	0	1	
126	1	1	1	14	126	1	1	1		126	1	1	0	1	
252	1	1	1	15	252	0	1	0		252	0	1	0	0	
70	1	0	0		70	1	0	0		70	1	0	0	0	
76	1	1	1		76	0	1	0		76	0	1	0	0	
100	1	0	0		100	0	0	0		100	0	0	0	0	
196	1	0	0		196	0	0	0		196	0	0	0	0	
259	0	0	0		259	0	0	0		259	0	0	0	0	
265	0	0	0		265	0	0	0		265	0	0	0	0	
289	0	1	0		289	0	1	0		289	0	1	0	0	
385	0	0	0		385	1	0	0		385	1	0	0	0	
411	0	0	0		411	1	0	0		411	1	0	0	0	
222	0	1	0		222	1	1	1		222	1	1	0	1	
441	0	1	0		441	1	1	1		441	1	1	0	1	
246	1	0	0		246	1	0	0		246	1	0	0	0	
315	0	1	0		315	0	1	0		315	0	1	0	0	
473	0	0	0		473	1	0	0		473	1	0	0	0	
500	0	0	0		500	0	0	0		500	0	0	0	0	
254	1	1	1		254	1	1	1		254	1	1	0	1	
443	0	1	0		443	1	1	1		443	1	1	0	1	
11	0	1	0		11	1	1	1		11	1	1	1	0	
38	1	1	1		38	0	1	0		38	0	1	1	0	
68	1	0	0		68	0	0	0		68	0	0	0	0	
95	0	1	0		95	1	1	1		95	1	1	0	1	
257	0	0	0		257	0	0	0		257	0	0	0	0	
311	0	1	0		311	0	1	0		311	0	1	0	0	
200	1	0	0		200	1	0	0		200	1	0	0	0	
416	0	0	0		416	0	0	0		416	0	0	0	0	
94	0	1	0		94	1	1	1		94	1	1	0	1	
409	0	0	0		409	1	0	0		409	1	0	0	0	
102	1	0	0		102	0	0	0		102	0	0	0	0	
204	1	0	0		204	0	0	0		204	0	0	0	0	
267	0	0	0		267	0	0	0		267	0	0	0	0	
417	0	0	0		417	0	0	0		417	0	0	0	0	
244	1	0	0		244	0	0	0		244	0	0	0	0	
307	0	1	0		307	0	1	0		307	0	1	0	0	
(j) S(447,j)		(j) M(447,j)			(j) S(4,j)		(j) M(4,j)			(j) S(4,j)		(j) M(4,j)			
(0)	0	(0)	0		(0)	1	(0)	0		(0)	1	(0)	0		
(1)	0	(1)	1		(1)	1	(1)	0		(1)	1	(1)	0		
(2)	0	(2)	1		(2)	0	(2)	0		(2)	0	(2)	0		

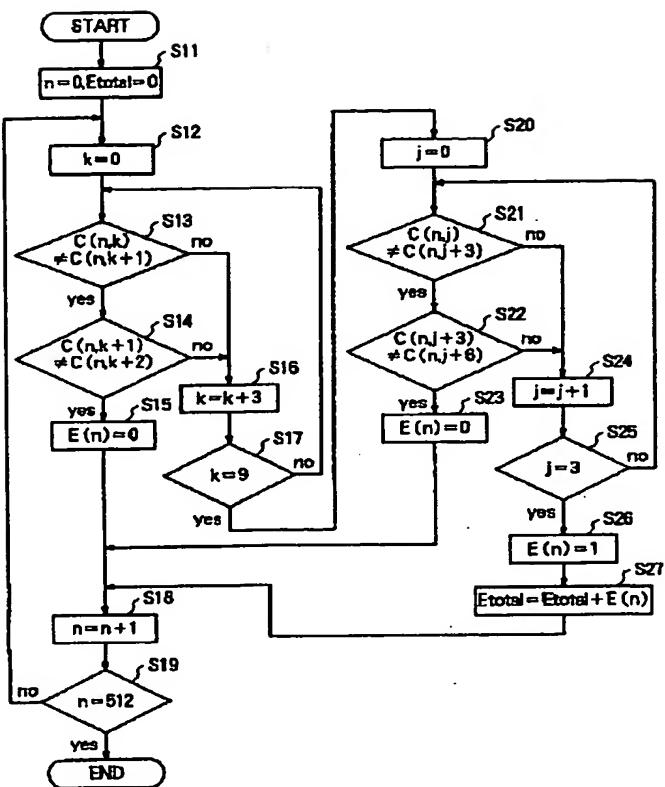
[图29]

(A)					(B)					(C)				
id(q)=5		13			id(q)=15		13			id(q)=15		25		
N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id
0	0	0	0		0	0	0	0		0	1	1	1	12
511	0	0	0		511	0	0	0		511	0	1	0	
507	1	0	0		507	1	0	0		507	0	1	0	
510	0	0	0		510	0	0	0		510	0	1	0	
255	0	0	0		255	0	0	0		255	0	0	0	
447	0	1	0		447	0	1	0		447	0	0	0	
1	0	0	0		1	0	0	0		1	1	1	1	13
4	0	0	0		4	0	0	0		4	1	1	1	14
64	0	0	0		64	0	0	0		64	1	1	1	15*
256	1	1	1	0	256	1	1	1	0	256	0	1	0	
319	0	1	0		319	0	1	0		319	0	0	0	
502	0	0	0		502	0	0	0		502	0	1	0	
475	0	0	0		475	0	0	0		475	0	1	0	
508	0	0	0		508	0	0	0		508	0	1	0	
3	0	0	0		3	0	0	0		3	0	1	0	
6	0	0	0		6	0	0	0		6	1	1	1	
9	0	0	0		9	0	0	0		9	1	0	0	
36	0	0	0		36	0	0	0		38	0	0	0	
127	0	0	0		127	0	0	0		127	0	0	0	
192	0	0	0		192	0	0	0		192	1	1	1	
223	0	0	0		223	0	0	0		223	1	1	1	
288	1	1	1	1	208	1	1	1	1	288	0	1	0	
439	0	1	0		439	0	1	0		439	0	1	0	
505	1	0	0		505	1	0	0		505	0	1	0	
72	0	0	0		72	0	0	0		72	1	1	1	
384	1	0	0		304	1	0	0		384	1	1	1	
457	1	0	0		457	1	0	0		457	1	1	1	
484	0	0	0		484	0	0	0		484	0	1	0	
27	0	0	0		27	0	0	0		27	0	0	0	
54	0	0	0		54	0	0	0		54	0	0	0	
79	0	0	0		79	0	0	0		79	1	1	1	
205	0	1	0		205	0	1	0		205	0	1	0	
216	0	0	0		216	0	0	0		216	1	1	1	
432	1	1	1	2	432	1	1	1	2	432	0	1	0	
472	0	0	0		472	0	0	0		472	1	1	1	
91	0	0	0		91	0	0	0		91	0	0	0	
310	0	1	0		310	0	1	0		310	0	0	0	
420	0	0	0		420	0	0	0		420	0	1	0	
456	1	0	0		456	1	0	0		456	1	1	1	
436	0	1	0		436	0	1	0		436	0	1	0	
15	0	0	0		15	0	0	0		15	1	0	0	
31	0	0	0		31	0	0	0		31	1	0	0	
39	0	0	0		39	0	0	0		39	0	0	0	
55	0	0	0		55	0	0	0		55	0	0	0	
75	0	0	0		75	0	0	0		75	0	1	0	
204	0	1	0		294	0	1	0		294	0	1	0	
496	1	0	0		496	1	0	0		496	0	1	0	

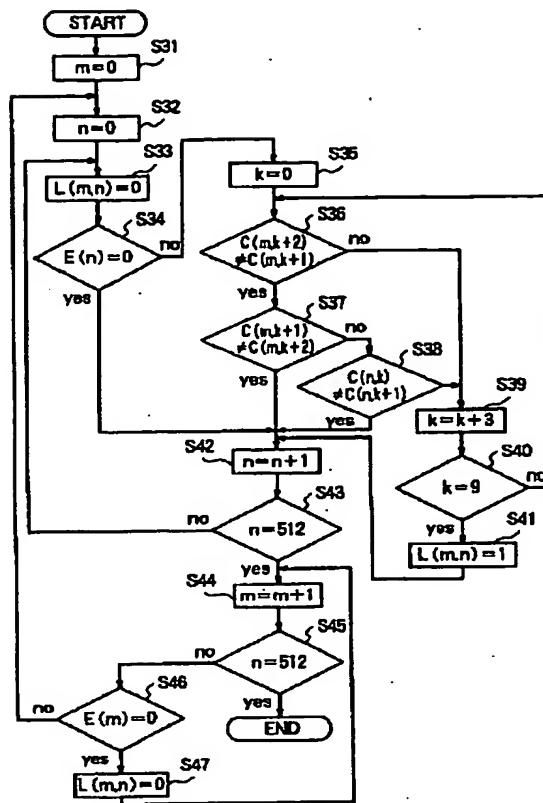
【図30】

(A) id(q)=5 13					(B) id(q)=15 13					(C) id(q)=15 25				
N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(94,n)	T(76,n)	D(a)	id	N(a)	L(307,n)	T(39,n)	D(a)	id
217	0	0	0		217	0	0	0		217	1	1	1	
201	0	0	0		201	0	0	0		201	1	1	1	
480	1	0	0		480	1	0	0		480	0	1	0	
135	1	1	1	3	435	1	1	1	3	435	0	1	0	
126	0	0	0		126	0	0	0		126	0	0	0	
252	0	0	0		252	0	0	0		252	0	0	0	
70	0	0	0		70	0	0	0		70	1	1	1	
76	0	0	0		76	0	0	0		78	1	1	1	
100	0	0	0		100	0	0	0		100	0	0	0	
198	0	0	0		198	0	0	0		196	1	1	1	
259	1	1	1	4	259	1	1	1	4	259	0	1	0	
265	1	1	1	5*	285	1	1	1	5	265	0	0	0	
289	1	1	1	6	289	1	1	1	6	289	0	1	0	
385	1	0	0		385	1	0	0		385	1	1	1	
411	0	1	0		411	0	1	0		411	0	0	0	
222	0	0	0		222	0	0	0		222	1	1	1	
441	1	1	1	7	441	1	1	1	7	441	0	0	0	
246	0	0	0		246	0	0	0		246	0	0	0	
315	1	1	1	8	315	1	1	1	8	315	0	0	0	
473	0	0	0		473	0	0	0		473	1	1	1	
500	0	0	0		500	0	0	0		500	0	1	0	
254	0	0	0		254	0	0	0		254	0	0	0	
443	1	1	1	9	443	1	1	1	9	443	0	0	0	
11	0	0	0		11	0	0	0		11	0	0	0	
38	0	0	0		38	0	0	0		38	0	0	0	
68	0	0	0		68	0	0	0		68	1	1	1	
95	0	0	0		95	0	0	0		95	1	0	0	
257	1	1	1	10	257	1	1	1	10	257	0	1	0	
311	0	1	0		311	0	1	0		311	0	0	0	
200	0	0	0		200	0	0	0		200	1	1	1	
416	1	0	0		416	1	0	0		416	0	1	0	
94	0	0	0		94	0	0	0		94	1	0	0	
409	0	1	0		409	0	1	0		409	1	0	0	
102	0	0	0		102	0	0	0		102	0	0	0	
204	0	0	0		204	0	0	0		204	1	1	1	
267	1	1	1	11	267	1	1	1	11	267	0	0	0	
417	1	0	0		417	1	0	0		417	0	1	0	
244	0	0	0		244	0	0	0		244	0	0	0	
307	1	1	1	D	307	1	1	1	D	307	0	0	0	
(j) S(94,j)	(j) M(94,i)				(j) S(94,j)	(j) M(94,i)				(j) S(307,j)	(j) M(307,i)			
(0) 0	(0) 0				(0) 0	(0) 0				(0) 0	(0) 0			
(1) 0	(1) 1				(1) 0	(1) 1				(1) 0	(1) 0			
(2) 0	(2) 0				(2) 0	(2) 0				(2) 0	(2) 0			

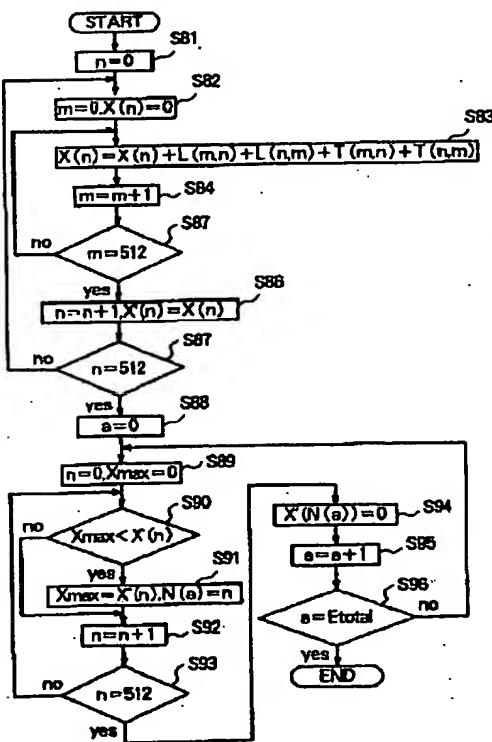
【図32】



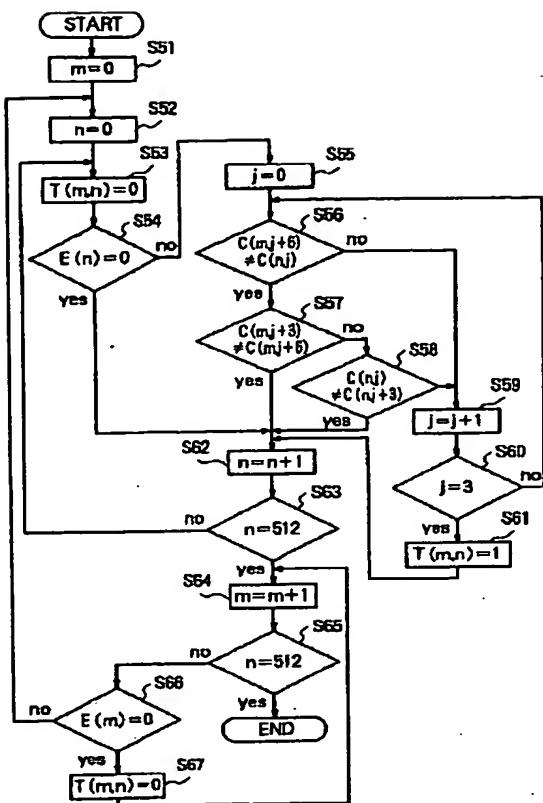
【図33】



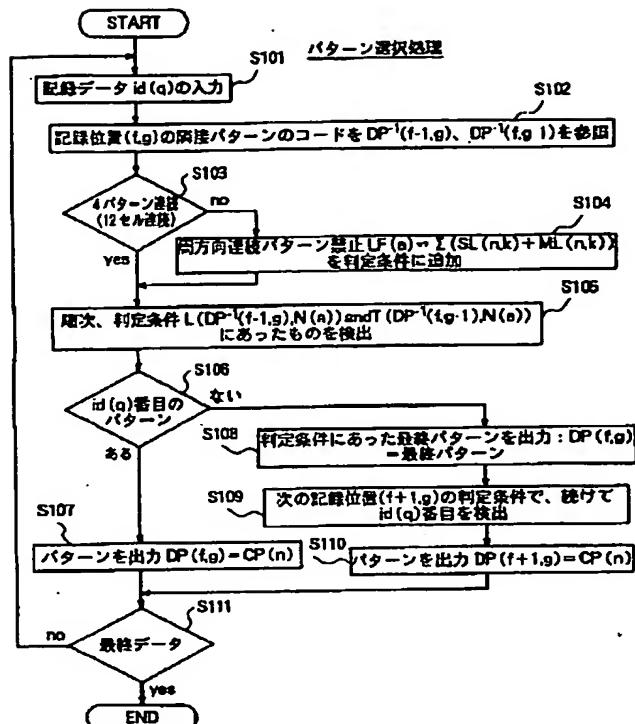
【図36】



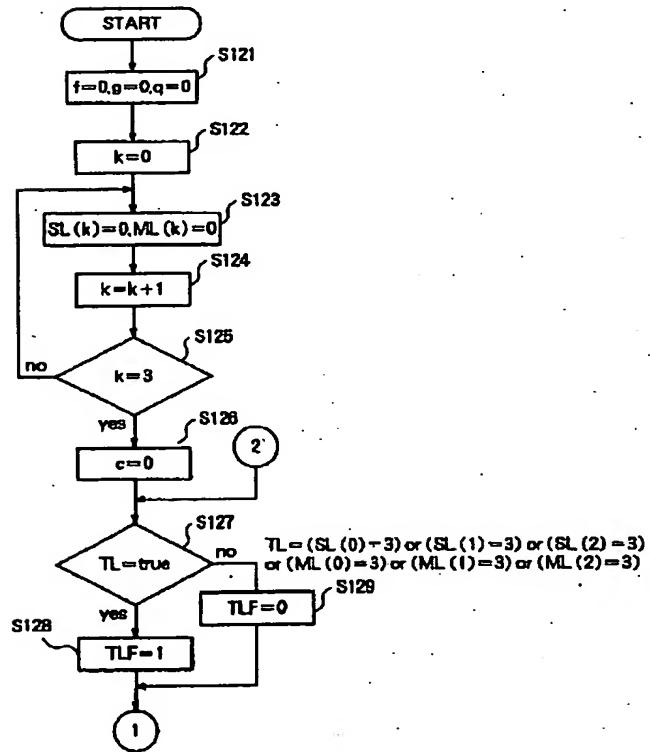
【図34】



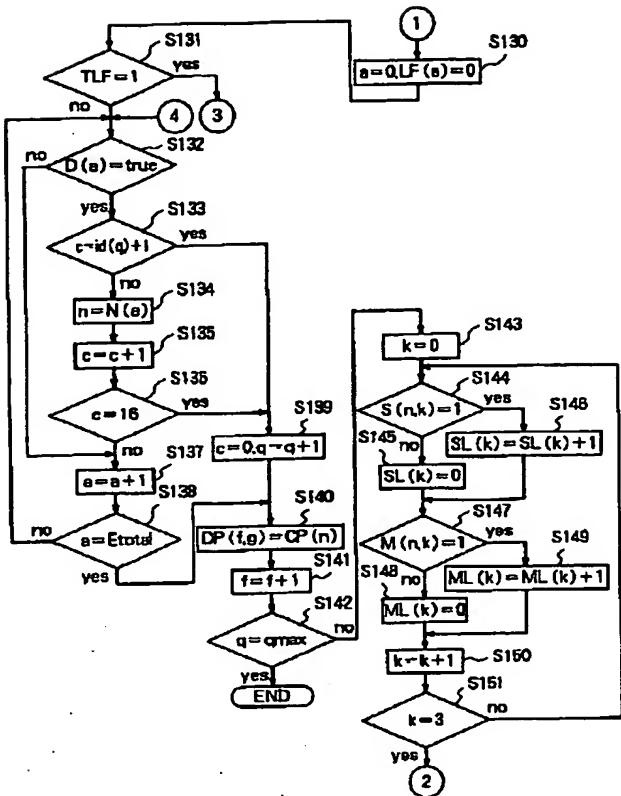
【図37】



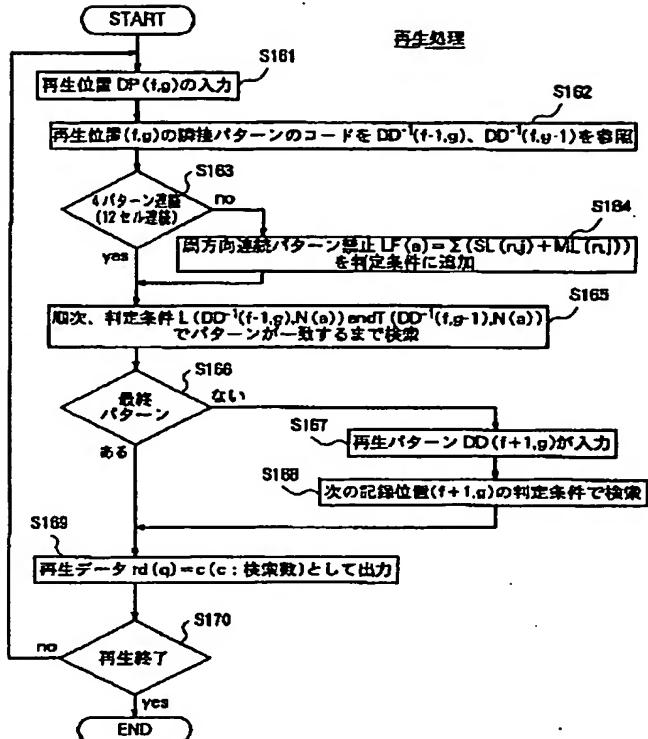
【図38】



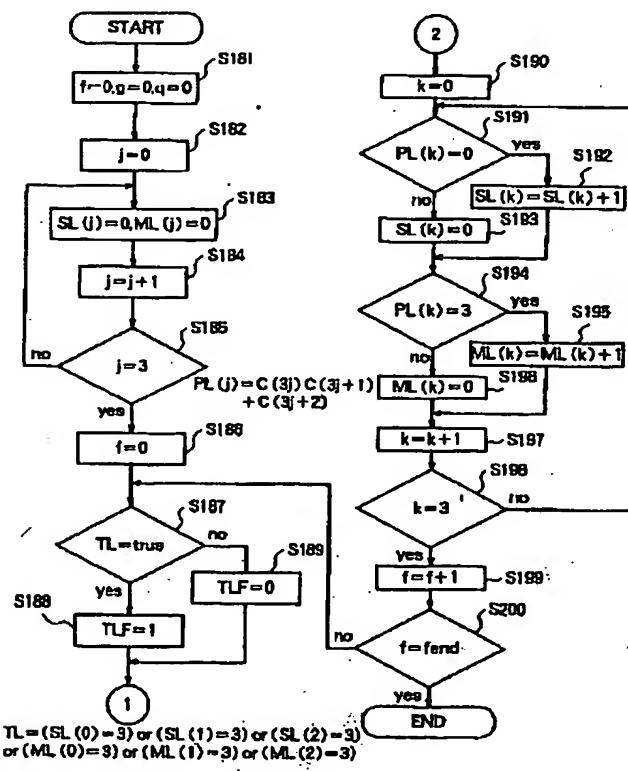
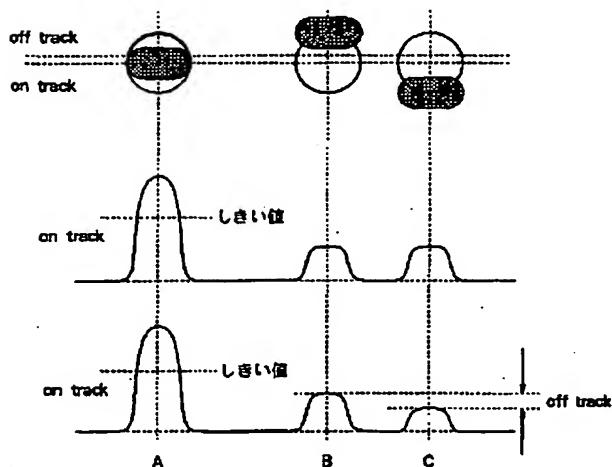
【図39】



【図41】

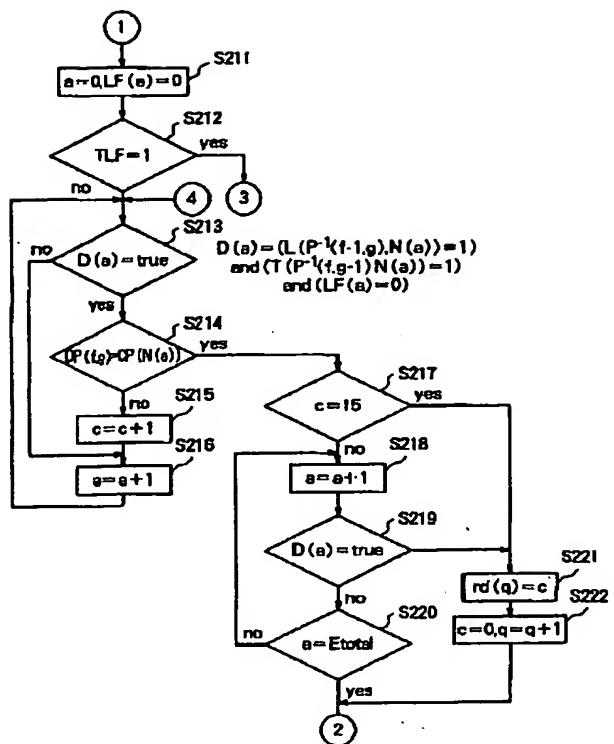


【図57】

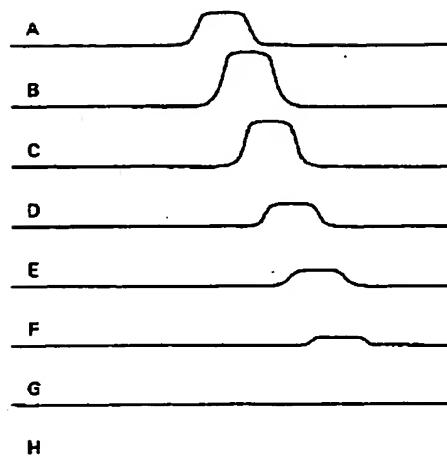


$$TL = (SL(0)=3) \text{ or } (SL(1)=3) \text{ or } (SL(2)=3) \\ \text{or } (ML(0)=3) \text{ or } (ML(1)=3) \text{ or } (ML(2)=3)$$

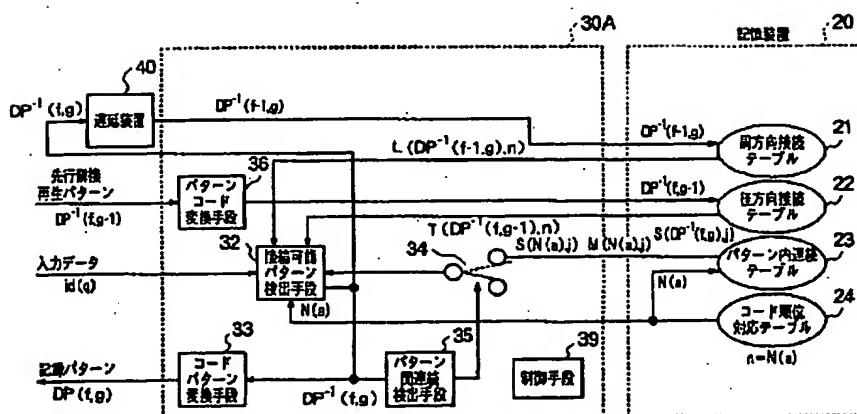
【図43】



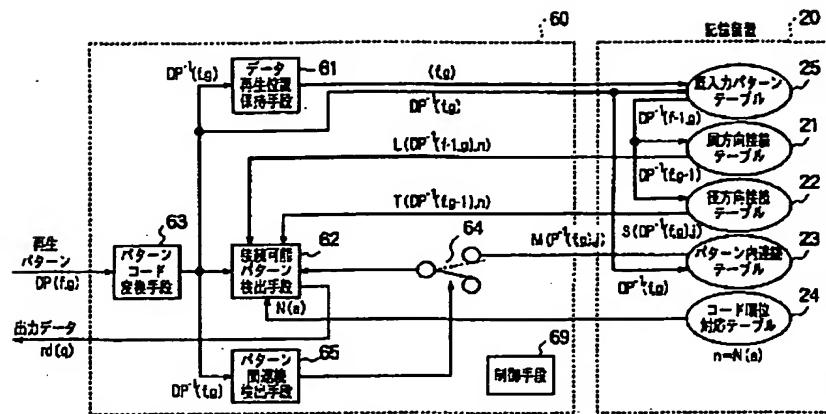
【図63】



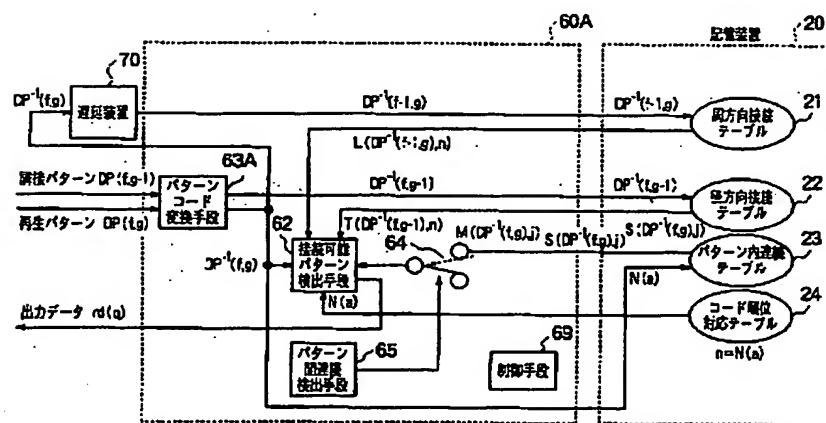
【図47】



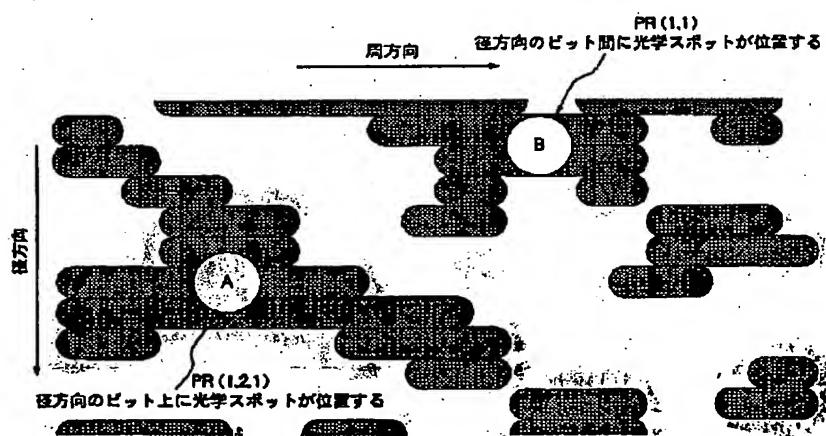
【図48】



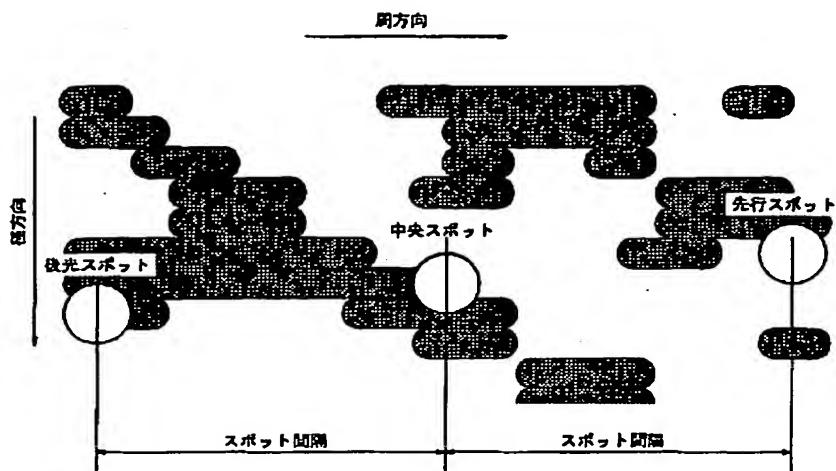
【図49】



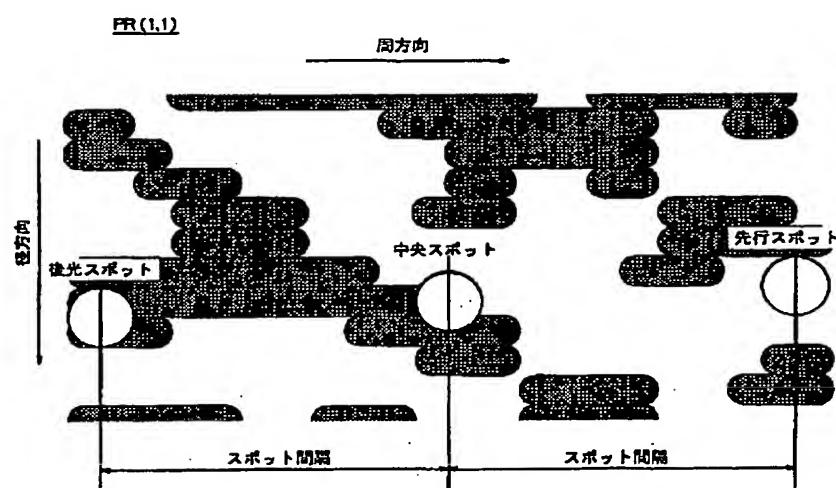
【図50】



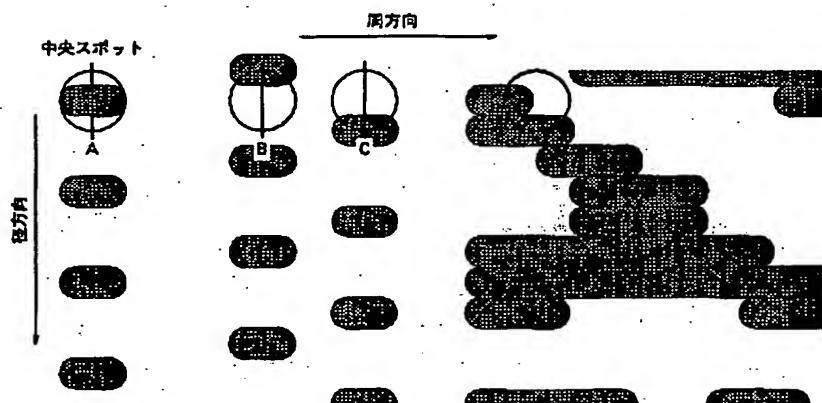
【図51】



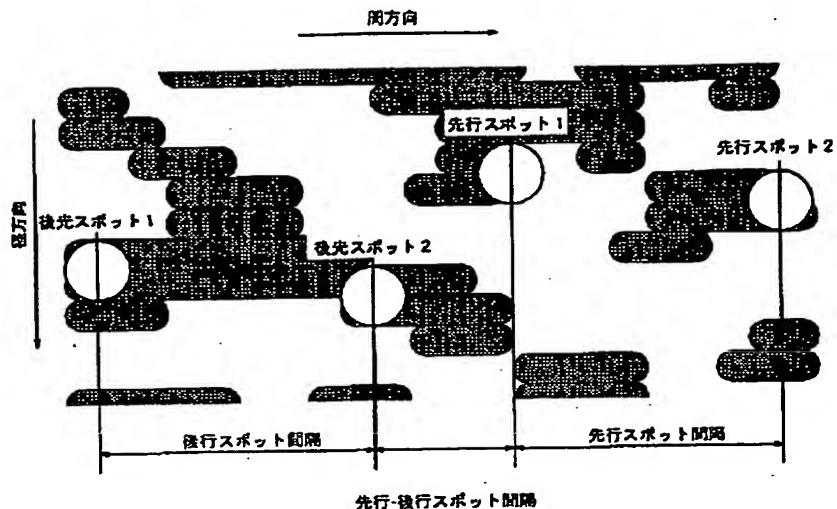
【図52】



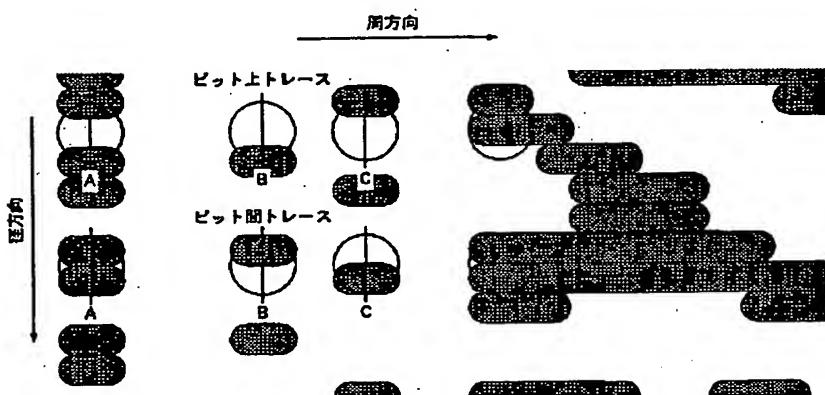
【図54】



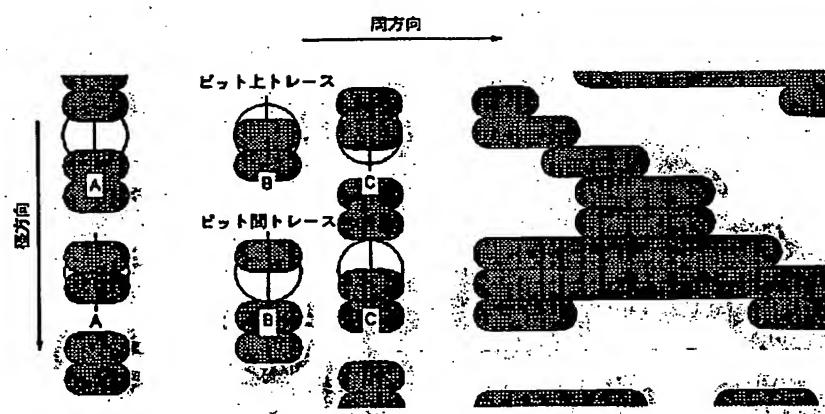
【図53】



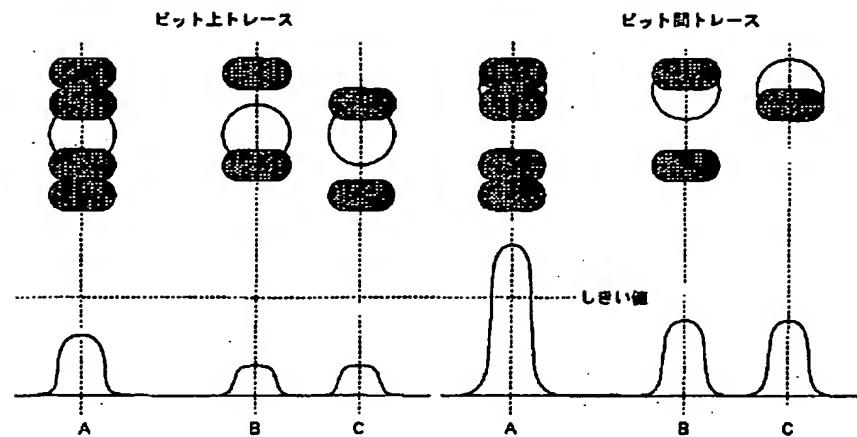
【図55】



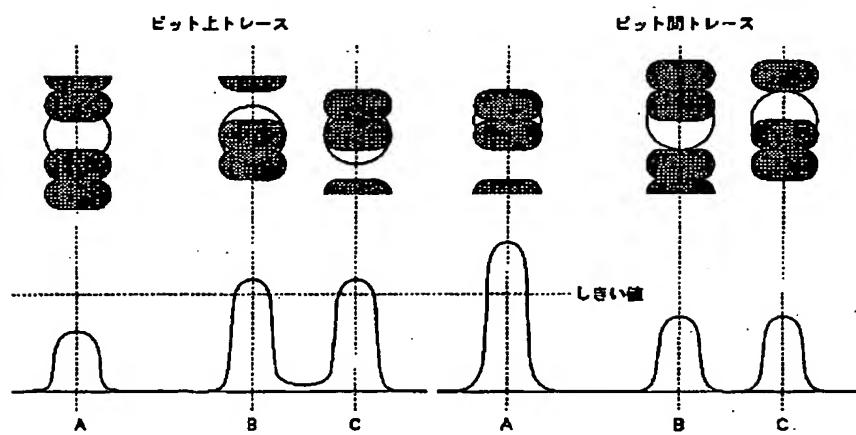
【図56】



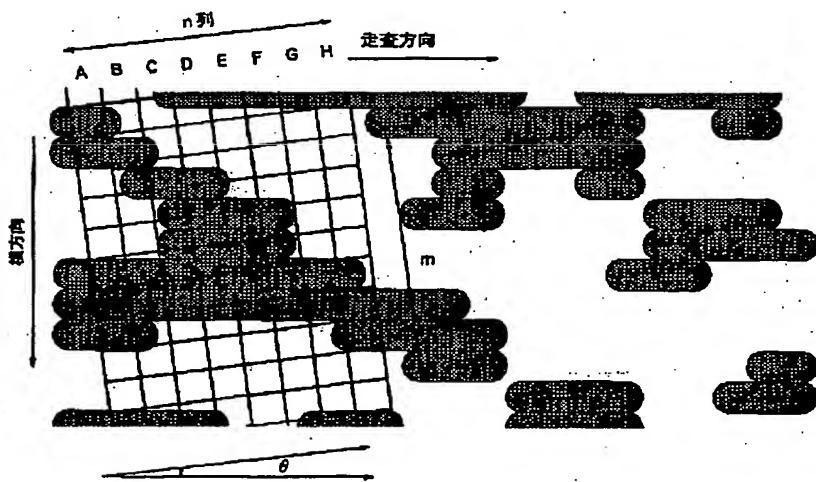
【図58】



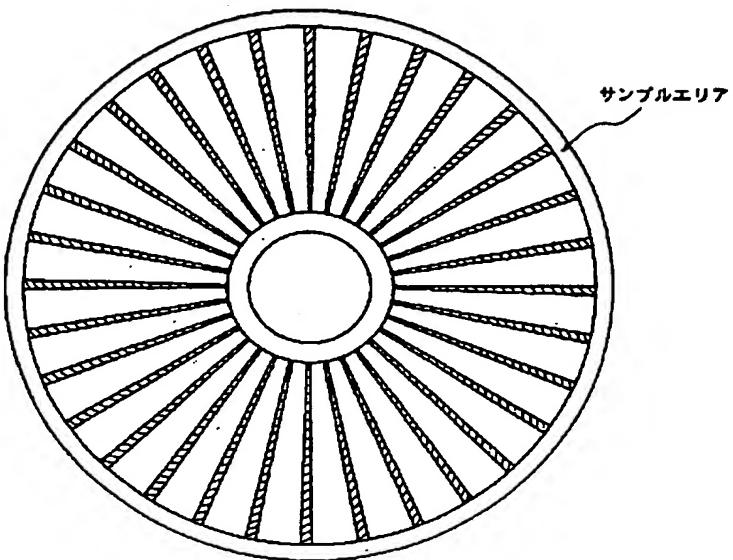
【図59】



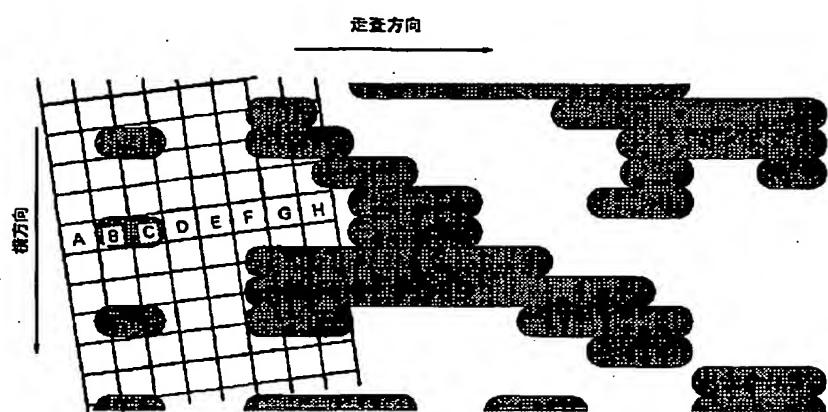
【図61】



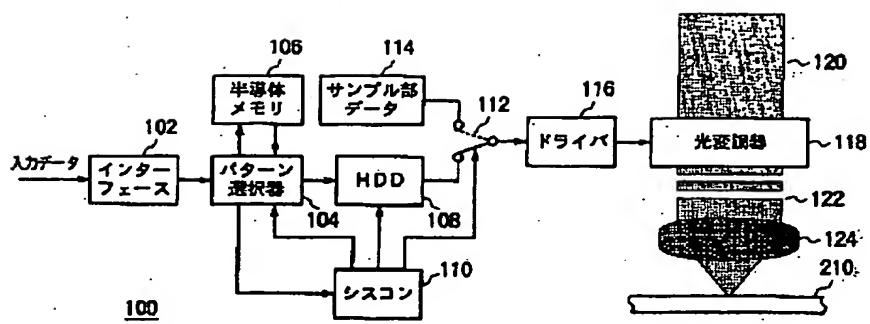
【図60】



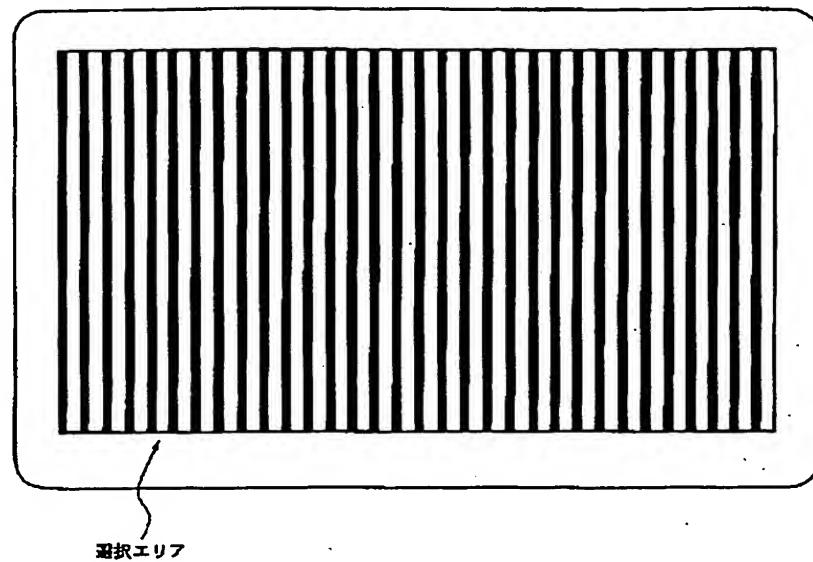
【図62】



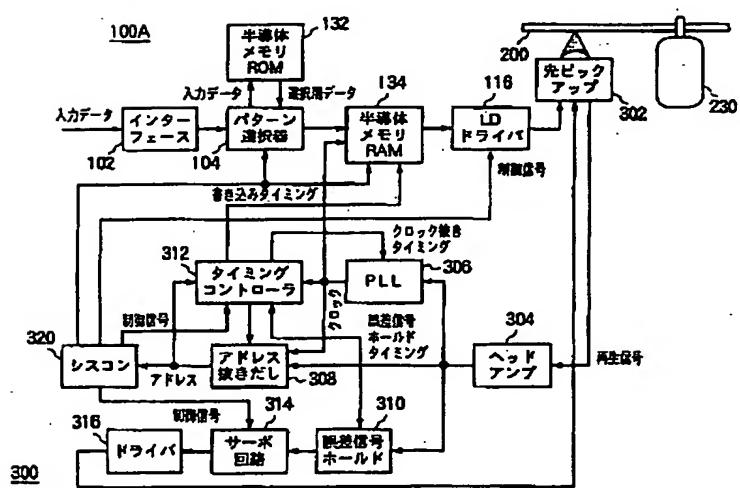
【図65】



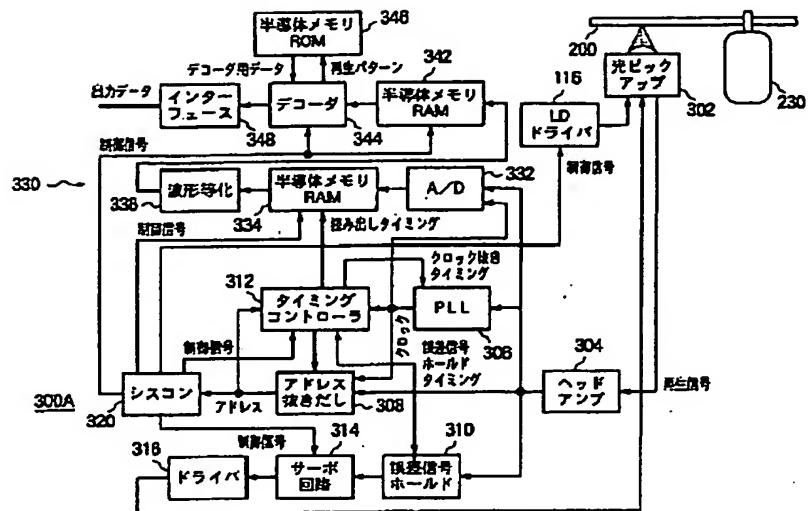
【図64】



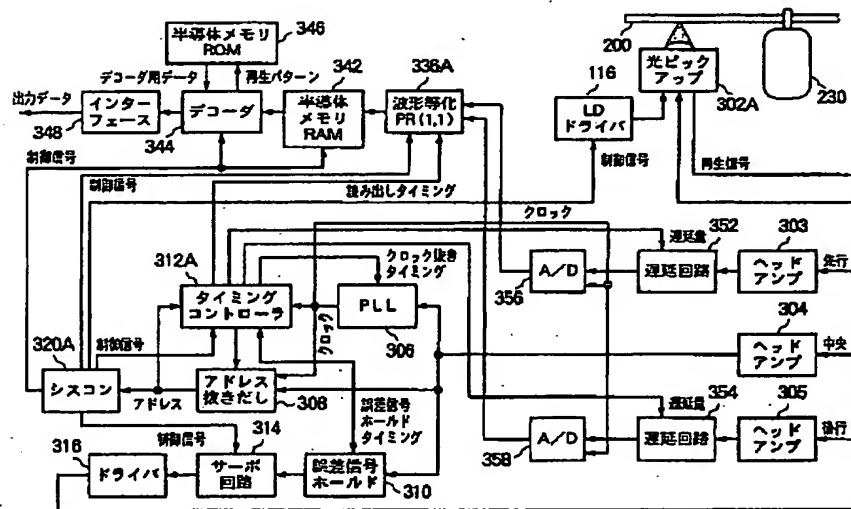
【図66】



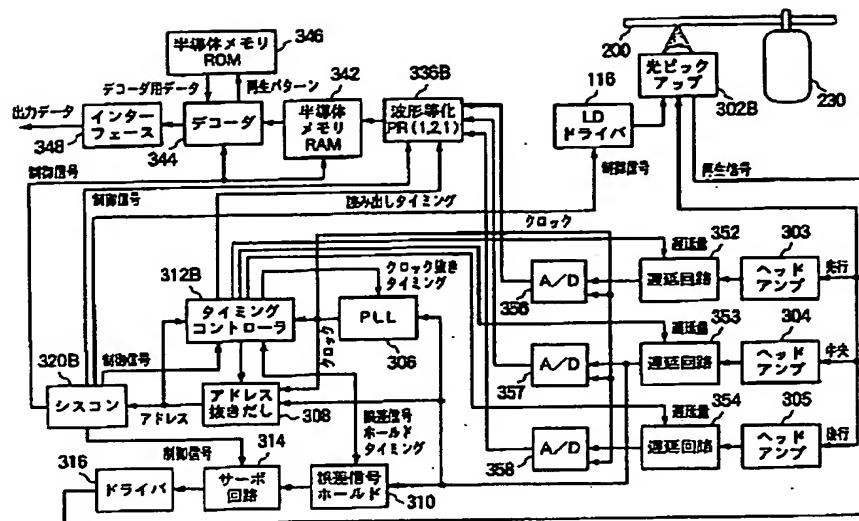
【図67】



[图 68]



【図69】



【図70】

